ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 31 MARS 1958.

PRÉSIDENCE DE M. PAUL MONTEL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** signale à l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de Pâques, la prochaine séance hebdomadaire de l'Académie aura lieu le mercredi 9 avril au lieu du lundi 7.

ASTRONOMIE. — *Sur le mécanisme de l'activité solaire.*
Note (*) de M. **Alexandre Dauvillier**.

L'auteur montre comment la combinaison de deux effets mécaniques, résidus de la genèse du système solaire, engendrent la formation polaire de champs magnétiques s'inversant selon la loi de Hale et dérivant en 22 ans, jusqu'à l'équateur. Le mécanisme est justifié par l'observation de taches jusqu'à 72° de latitude.

Dans une précédente Note ([1]) nous avons exposé une conception électromagnétique de la granulation assimilant la matière photosphérique au plasma de la colonne positive étudié par P. Villard (1906). Depuis, la théorie des planètes jumelles nous a montré que l'activité solaire était due à la combinaison de deux effets mécaniques résiduels de la formation du système solaire. Ce sont : la rotation différentielle superficielle bien connue, et une oscillation selon un axe normal à celui de la rotation. Les planètes jumelles étaient émises à la cadence de 22 ans, période de cette oscillation résiduelle. Celle-ci est à la limite des possibilités de l'observation, mais nombre de mesures, quelque peu discordantes, plaident néanmoins en faveur de sa réalité. Nous voulons montrer comment l'activité est un phénomène non interne, mais purement superficiel, prenant naissance tous les 11 ans aux *pôles* du Soleil et dérivant en 22 ans jusqu'à $\pm 10°$.

Les taches ne prennent pas naissance, comme on l'a cru, sur les parallèles $\pm 35° 16'$, communs à la sphère et au sphéroïde de révolution aplati de même volume, dû à la rotation. Des taches apparaissent en effet, fré-

quemment et en nombre décroissant, jusqu'à $\pm 45°$. D'autre part, Tisserand a montré comment la rotation était trop lente pour provoquer un aplatissement appréciable.

La loi de Spörer semble conduire à une limite statistique tendant asymptotiquement vers la latitude $\pm 10°$, vers la fin des cycles. Nous avons reconnu qu'il ne s'agissait pas d'une asymptote, mais du sommet d'une parabole. L'extrapolation de cette loi parabolique montre que la courbe débute au pôle 11 ans avant l'apparition des taches vers $\pm 30°$. Leur véritable période est 22 ans et celles se manifestant aux latitudes plus élevées appartiennent au *cycle suivant* déjà né. Nous avons trouvé une confirmation de cette interprétation dans l'examen des courbes de Spörer établies par G. Hale au Mont Wilson entre 1908 et 1926. Lors du maximum d'activité de 1915-1916, des taches ont été observées temporairement aux latitudes : $-59°$, $-63°$, $-65°$ et $-72°$. Or, si l'on extrapole les courbes de Spörer du cycle suivant 1923-1933, la loi parabolique montre que la latitude maxima d'apparition des taches en 1915 était de 72°. Les taches de latitude supérieure ne sont plus observables par suite de l'incidence. D'après Maunder (1917) la limite serait $\pm 71°$.

La courbe de Spörer traduit donc une dérive résultant de la combinaison de la rotation différentielle et d'un mouvement d'ensemble de la surface depuis les pôles jusqu'à l'équateur. Le premier est purement mécanique, tandis que le second est de nature électromagnétique.

La période d'oscillation de 22 ans engendre un mouvement général de la matière solaire parallèlement à la direction de l'axe d'oscillation, normal à l'axe de rotation, le volume demeurant constant. Ce mouvement n'apparaît à la surface qu'au voisinage des pôles et dans le plan contenant ces deux axes. Sa combinaison avec la rotation différentielle orthogonale, fait naître des tourbillons polaires tous les 11 ans, soit lorsque la vitesse est maxima et que le Soleil est sphérique. Ces tourbillons sont de sens opposés aux deux pôles et l'on reconnaît qu'ils changent de sens lorsque le mouvement s'inverse, soit tous les 11 ans.

Si nous attribuons à la matière photosphérique les propriétés du plasma de l'arc électrique, ces tourbillons représenteront une circulation gyratoire de gaz ionisé chargé positivement, une partie des électrons complémentaires étant retenus sur les lignes de force des champs magnétiques superficiels.

Cependant, un effet Rowland serait numériquement inadéquat. Mais, comme la rotation magnétique de l'arc engendre un mouvement tourbillonnaire du gaz, sa rotation mécanique engendre un champ magnétique. L'arc est ici produit par la présence accidentelle d'une région « chaude » ou « froide » au centre du tourbillon. La pression électronique thermique

différentielle engendre un courant de conduction radial, transformé en *spirale* par le mouvement.

Medicus et Wehner ont montré, en 1951, comment un arc transformant l'énergie thermique en énergie électrique pouvait être entretenu à partir d'une cathode chauffée artificiellement, sans source électrique extérieure. Dufour et Ch. E. Guye ont signalé une rotation *spontanée* de l'arc, le champs produit *accroissant* le mouvement. L'énergie mécanique du tourbillon ne fait qu'amorcer le phénomène, l'énergie magnétique étant empruntée à la haute température du gaz. Ces champs magnétiques seront les *centres d' activité*, lieux d'apparition des taches. Ils naîtront sur le même *méridien* actif dans les deux hémisphères, avec des polarités *opposées* qui se *renverseront* tous les 11 ans : c'est la loi de Hale. Le mécanisme précise la polarité, mais ne rend compte, ni des taches bipolaires, ni des segmentations, ni des « sauts » en avant.

Ces tourbillons ne se traduisent par aucune circulation superficielle apparente, car ils ne peuvent exister qu'à un niveau plus profond, où la pression est de l'ordre de l'atmosphère, afin d'équilibrer la pression magnétique. Ils peuvent persister durant 22 ans, grâce à l'absence de frottements. Leurs dimensions varient constamment, par suite de leur instabilité. Leur renforcement temporaire peut être attribué au mécanisme magnéto-hydrodynamique suggéré par G. Gouy ([2]). Les dépressions de la photosphère causant les taches n'apparaissent que lorsque la pression magnétique devient élevée. Elles doivent toujours renaître dans les *mêmes* centres magnétiques persistants d'activité.

Les électrons libres complémentaires étant retenus par le champ magnétique central, il s'établit une différence de potentiel entre la tache et le tourbillon positif sous-jacent. On conçoit dès lors comment une décharge disruptive ayant le caractère de l'arc, peut apparaître au-delà d'une certaine limite, en causant une fulguration.

Si les centres d'activité solaires prennent bien naissance aux pôles, ce mécanisme contribue à justifier la théorie des planètes jumelles, mais il soulève nombre de problèmes relevant de la théorie et de l'expérimentation sur les tubes à vide et sur l'arc.

Les deux effets mécaniques résiduels amorçant l'activité solaire devaient être d'une bien plus grande amplitude lors de la naissance du système solaire qu'aujourd'hui. Ils se sont amortis exponentiellement. Ainsi conçoit-on comment l'activité a pu être plus grande dans le passé et, tout particulièrement, à l'époque où la Terre a acquis son magnétisme.

(*) Séance du 24 mars 1958.

([1]) A. Dauvillier, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 902.

([2]) G. Gouy, *Comptes rendus*, 155, 1912, p. 608; 156, 1913, p. 512.

M. René Garnier présente une brochure intitulée *Centenaire de la Naissance de Émile Picard.* Il s'exprime ainsi :

Cette brochure a pu être éditée grâce au concours de l'Éducation Nationale, et grâce à une importante subvention de l'Association des Anciens Élèves de l'École Centrale, que je suis heureux de remercier de la part du Comité de patronage du Centenaire.

Il y eut plusieurs cérémonies commémoratives. La première le 27 Novembre 1956, à la Cité Universitaire, revêtit un double caractère, académique et universitaire. Le lendemain, sur l'initiative de notre Confrère, M. le Directeur Poivilliers, il y eut à l'École Centrale une seconde solennité ; elle se déroula dans l'amphithéâtre même ou, durant 44 ans, É. Picard enseigna la Mécanique Générale. On trouvera dans la brochure les discours qui ont été prononcés à ces deux cérémonies, ainsi qu'au dîner qui, à la Maison des Centraux, clôtura brillamment ces manifestations. La brochure contient enfin les télégrammes et adresses envoyés par des académies, universités ou personnalités diverses.

De tous ces témoignages, comme aussi des réponses qui nous furent adressées lors de la constitution du Comité, se dégage une même impression : le souvenir reste toujours très vivant de celui qui fut le chef de notre École française de Mathématiques et qui, pendant plus d'un demi-siècle, appartint à notre Compagnie.

M. le Secrétaire perpétuel dépose sur le bureau les Ouvrages suivants : 1° *Temps, espace, matière. Leçons sur la théorie de la Relativité générale,* par Hermann Weyl, traduites sur la 4e édition allemande, par Gustave Juvet et Robert Leroy. Nouveau tirage photographique augmenté de commentaires par M. Georges Bouligand ; 2° *Théorie mathématique des phénomènes électrodynamiques uniquement déduite de l'expérience,* par André-Marie Ampère. Nouveau tirage photographique augmenté d'un avant-propos de M. Edmond Bauer.

M. Corneille Heymans adresse en hommage à l'Académie une série de tirages à part de ses travaux de Pharmacologie.

DÉSIGNATIONS.

M. Louis Leprince-Ringuet est désigné pour représenter l'Académie à la Cérémonie qui aura lieu à Londres les 5 et 6 juin 1958, à l'occasion du cinquantième anniversaire de la Fédération britannique des Alliances françaises.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire d'Électrochimie déclarée vacante au Conservatoire National des Arts et Métiers, à la suite du décès de M. *René Audubert*, pour la première ligne, M. *Maurice Bonnemay*, obtient 34 suffrages. Il y a 1 bulletin nul et 2 bulletins blancs.

Pour la seconde ligne, l'Académie, constatant qu'aucune autre candidature ne s'est produite, décide à l'unanimité, qu'elle présentera à M. le Ministre de l'Éducation Nationale :

En ligne unique................ M. **Maurice Bonnemay**.

CORRESPONDANCE.

L'Académie est informée de la DEUXIÈME « **World Conference on Earthquake Engineering** » qui aura lieu à Tokyo, du 5 au 9 juillet 1960.

M. le **Secrétaire perpétuel**, signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Haut Commissariat de la République en Afrique occidentale française. Service de Géologie et de prospection minière. Service de la carte géologique. *Feuilles de Conakry Est* et *Conakry Ouest au* 1/500 000e, par Louis Delaire ;

2° *Johann Heinrich Merck und sein Bekenntnis zur französischen Revolution*, parties I et II, par Hermann Bräuning-Oktavio ;

3° Academia Sinica. *Acta scientia sinica*. Volume I, nos 1 et 2.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un théorème de Wiener-Lévy*. Note (*) de M. **Jean-Pierre Kahane**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Le théorème de Wiener-Lévy, exprimant qu'une fonction analytique d'une fonction de la classe A est une fonction de la classe A, ne peut s'étendre en remplaçant « analytique » par « quasi analytique » au sens de Denjoy-Carleman.

On doit à MM. N. Wiener et P. Lévy le théorème suivant, qu'on peut étendre de diverses manières :

Soit A *l'ensemble des fonctions à valeurs complexes*, 2π-*périodiques, dont la série de Fourier converge absolument. Soit* A_r *la partie de* A *formée des* $f \in A$ *à valeurs réelles. Dès que* F *est une fonction analytique de variable réelle et que* f *appartient à* A_r, $F \circ f$ *appartient à* A, $[F \circ f(x) = F(f(x))]$.

$\{M_n\}$ étant une suite de nombres positifs ($n = 1, 2, \ldots,$), désignons par $K\{M_n\}$ la classe des fonctions F de variable réelle, à valeurs complexes,

indéfiniment dérivables, telles que la suite $\{M_n^{-1} F^{(n)}(x)\}$ soit uniformément bornée sur tout compact. On sait [*cf.* (¹), p. 240] que $K\{M_n\}$ contient des fonctions non analytiques si et seulement si $\overline{\lim}_{n\to\infty} (1/n)(M_n^c)^{1/n} = \infty$, $\{M_n^c\}$ étant la « régularisée convexe » de $\{M_n\}$, c'est-à-dire la plus grande des suites inférieures (terme à terme) à $\{M_n\}$, et dont le logarithme est fonction convexe de n. Nous allons montrer que, dans ce cas, on ne peut pas étendre le théorème de Wiener-Lévy en remplaçant dans l'énoncé ci-dessus « fonction analytique » par « fonction $\in K\{M_n\}$ », en particulier, on peut prendre pour $K\{M_n\}$ toute classe quasi analytique non réduite à une classe analytique.

THÉORÈME. — *Quelle que soit la classe* $K\{M_n\}$ *contenant des fonctions non analytiques, il existe une* $F \in K\{M_n\}$ *et une* $f \in A_r$, *telles que* $F \circ f \notin A$.

La démonstration se fonde sur les lemmes 1, 2 et 5 suivants. $\{\omega_n\}$ étant une suite de nombres ≥ 1, on désigne par $A\{\omega_n\}$ l'ensemble des fonctions $F = \sum_{-\infty}^{\infty} a_n e^{inx}$, telles que $\sum_{-\infty}^{\infty} |a_n| \omega_n < \infty$. On pose $\|F\| = \sum_{-\infty}^{\infty} |a_n|$.

LEMME 1. — $\{M_n\}$ *satisfaisant la condition de l'énoncé, il existe une suite* $\{\omega_n\}$, *satisfaisant* $\underline{\lim}(\omega_n)^{1/n} = 1$, *telle que* $A\{\omega_n\} \subset K\{M_n\}$.

LEMME 2. — *Soit* $f \in A_r$ *telle que, pour chaque* $F \in A\{\omega_n\}$ *on a* $F \circ f \in A$. *Alors*

$$\| e^{inf} \| = O(\omega_n) \qquad (n \to \pm\infty).$$

LEMME 3. — *Il existe une constante absolue* C *telle que, pour tout entier* $\lambda \neq 0$, *et tout* r *réel, on ait*

$$\| e^{ir\cos\lambda x} \| = \| e^{ir\cos x} \| > (1 + Cr)^{\frac{1}{2}}.$$

LEMME 4. — *Étant donné* $r > 0$, *il existe des entiers* $\lambda_1 = 1, \lambda_2, \ldots, \lambda_N$ *assez espacés pour que* $\varphi_r(x) = (1/N)(\cos\lambda_1 x + \cos\lambda_2 x + \ldots + \cos\lambda_N x)$ *satisfasse*

$$\| e^{ir\varphi_r} \| > \left(1 + \frac{Cr}{2N}\right)^{\frac{N}{2}} > e^{\frac{Cr}{5}} = e^{C'r}.$$

LEMME 5. — *Étant donné une suite d'entiers positifs* $\{n_\nu\}$, *et une suite positive* $\{\alpha_\nu\}$ $(\nu = 1, 2, \ldots)$ *telle que* $\sum_1^{\infty} \alpha_\nu < \infty$, *il existe une suite d'entiers* $\{\mu_\nu\}$ *assez espacés pour que* $f(x) = \sum_1^{\infty} \alpha_\nu \varphi_{\alpha_\nu n_\nu}(\mu_\nu x)$ *satisfasse*

$$\| e^{in_\nu f} \| > \frac{1}{2} \| e^{i\alpha_\nu n_\nu \varphi_{\alpha_\nu n_\nu}} \| > \frac{1}{2} e^{C'\alpha_\nu n_\nu}.$$

Le lemme 1 est facile à démontrer [on peut s'appuyer sur (¹), p, 18]. Le lemme 2 découle du théorème du graphe fermé, exprimé pour l'application $F \to F \circ f$ de $A\{\omega_n\}$ dans A. Les lemmes 3, 4, 5 s'enchaînent. Le lemme 3 s'établit par un calcul assez serré [*voir* (²)]. Les lemmes 4 et 5 sont évidents, avec un peu d'attention.

Il suffit maintenant, $\{M_n\}$ étant donnée, de choisir $\{\omega_n\}$ comme au lemme 1, puis $\{n_\nu\}$ et $\{\alpha_\nu\}$ de façon que $\omega_{n_\nu} < (1/\nu)\, e^{C'\alpha_\nu n_\nu}$, $\sum \alpha_\nu < \infty$, puis f comme au lemme 5. Le lemme 2 établit alors le théorème.

Remarque. — Il est naturel de se demander s'il existe *une* F non analytique telle que, pour toute $f \in A_r$, on ait $F \circ f \in A$. Nous n'en connaissons pas, et il semble difficile d'en construire, en vertu de la proposition suivante :

Si F *est périodique et que, quel que soit* $f \in A_r$, *les normes* $\| F \circ (f + a) \|$ *sont uniformément bornées pour toutes les constantes réelles* a, F *est analytique.*

Cette proposition est facile à démontrer par la même méthode que le théorème, en écrivant $F(x) = \sum_{-\infty}^{\infty} a_n e^{in\,\mathrm{D}x}$, et en observant que l'hypothèse entraîne $a_n \| e^{in\,\mathrm{D}f} \| = o(1)$.

(*) Séance du 24 mars 1958.

(1) S. Mandelbrojt, *Séries adhérentes*, Paris, 1952.

(2) J.-P. Kahane, *J. Math. pures et appl.*, 35, 1956, p. 249-259.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Analyse spectrale sur* Z_n.

Note (*) de M. **Marcel Lefranc**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Soit **E** l'espace vectoriel des fonctions à valeurs complexes de n variables $x_1, x_2, \ldots, x_n$ prenant les valeurs entières positives, négatives ou nulles ; **E** est muni de la topologie de la convergence simple. Le dual **F** de **E** est identifié à l'ensemble des polynomes P à exposants positifs, négatifs ou nuls de n indéterminées $y_1, y_2, \ldots, y_n$ à coefficients complexes :

$$P(y_1, y_2, \ldots, y_n) = \sum_{i_1, i_2, \ldots, i_n} \alpha(i_1, i_2, \ldots, i_n)\, y_1^{i_1} y_2^{i_2} \ldots y_n^{i_n},$$

où les i_k sont des entiers positifs, négatifs ou nuls et où tous les α sont nuls sauf un nombre fini.

$P \in \mathbf{F}$ est considéré comme fonction linéaire sur **E**, dont la valeur pour $f \in \mathbf{E}$ est

$$\langle P, f \rangle = \sum \alpha(i_1, i_2, \ldots, i_n)\, f(i_1, i_2, \ldots, i_n).$$

Si $\langle P, f \rangle = 0$ on dit que P et f sont orthogonaux.

On définit dans **F** le produit des polynomes de la façon habituelle, **F** est muni de sa structure d'anneau. $\mathbf{F}^*$ désigne le sous-anneau de **F** des polynomes à exposants positifs ou nuls.

Soit **A** un sous-espace vectoriel fermé de **E** :

1° On dit que **A** est invariant par translations si $f(x_1, x_2, \ldots, x_n) \in \mathbf{A}$

entraîne que $f(i_1+x_1, i_2+x_2, \ldots, i_n+x_n) \in \mathbf{A}$ quels que soient les entiers $i_1, i_2, \ldots, i_n$;

2° $f \in \mathbf{E}$ est une exponentielle polynome si elle est de la forme

$$f = Q(x_1, \ldots, x_n)\,\xi_1^{x_1}\xi_2^{x_2}\ldots\xi_n^{x_n}$$

où Q est un polynome et les ξ_j des nombres complexes tous différents de zéro.

3° Désignons par $\mathbf{a}$ l'ensemble des $P \in \mathbf{F}$ tels que $\langle P, f\rangle = 0$ quel que soit $f \in \mathbf{A}$, on sait que $\mathbf{A}$ est aussi l'ensemble des $f \in \mathbf{E}$ orthogonaux à $\mathbf{a}$, et la condition nécessaire et suffisante pour que $\mathbf{A}$ soit invariant par translations est que $\mathbf{a}$ soit un idéal de $\mathbf{F}$.

Les résultats suivants sont faciles à démontrer :

a. $\mathbf{F}$ est un anneau nœthérien;

b. Soit $\mathbf{a}$ un idéal de $\mathbf{F}$, $\mathbf{a}^\star = \mathbf{a} \cap \mathbf{F}^\star$ est un idéal de $\mathbf{F}^\star$;

c. Tout idéal différent de $\mathbf{0}$ et de $\mathbf{F}$ se met sous la forme $\mathbf{a} = \mathbf{Q}_1 \cap \mathbf{Q}_2 \cap \ldots \cap \mathbf{Q}_k$ où les $\mathbf{Q}_j$ sont des idéaux primaires de $\mathbf{F}$, $\mathbf{Q}_i$ étant associé à l'idéal premier $\mathbf{P}_i$ avec $\mathbf{P}_i \neq \mathbf{P}_j$ pour $i \neq j$; alors les $\mathbf{Q}_i^\star$ sont des idéaux primaires de $\mathbf{F}^\star$ associés respectivement aux idéaux premiers $\mathbf{P}_i^\star$ et $\mathbf{P}_i^\star \neq \mathbf{P}_j^\star$ pour $i \neq j$ et

$$\mathbf{a}^\star = \mathbf{Q}_1^\star \cap \mathbf{Q}_2^\star \cap \ldots \cap \mathbf{Q}_k^\star;$$

d. Pour chaque valeur de $i = 1, 2, \ldots, k$ il existe $\xi_{i1}, \xi_{i2}, \ldots, \xi_{in}$: n nombres complexes tous différents de zéro tels que $P \in \mathbf{P}_i^\star$ entraîne $P(\xi_{i1}, \xi_{i2}, \ldots, \xi_{in}) = 0$: sinon le monome $y_1 y_2 \ldots y_n$ serait annulé par tous les zéros de l'idéal $\mathbf{P}_i^\star$ et d'après le théorème de Hilbert il existerait un entier positif ρ tel que $(y_1 y_2 \ldots y_n)^\rho \in \mathbf{P}_i^\star$ ce qui entraînerait $\mathbf{P}_i = \mathbf{F}$;

e. Enfin d'après le théorème de Nœther-Lasker [1] pour qu'un polynome $P \in \mathbf{F}^\star$ appartienne à $\mathbf{a}^\star$, il faut et il suffit que pour chaque $i = 1, 2, \ldots, k$, le polynome P appartienne à l'idéal $(\mathbf{a}^\star)_i$ engendré par $\mathbf{a}^\star$ dans l'anneau $\mathbf{S}_i$ des séries formelles des n variables $(y_1 - \xi_{i1}), (y_2 - \xi_{i2}), \ldots, (y_n - \xi_{in})$.

Lemme 1. — *Pour que l'exponentielle polynome $f = Q\xi_1^{x_1}\xi_2^{x_2}\ldots\xi_n^{x_n}$ soit orthogonale à $\mathbf{a}$ il faut et il suffit qu'elle soit orthogonale à $\mathbf{a}^\star$.*

La condition est suffisante : si $\langle P, f\rangle = 0$ quels que soit $P \in \mathbf{a}^\star$ on a aussi $\langle y_1^{i_1}y_2^{i_2}\ldots y_n^{i_n}P, f\rangle = 0$ quels que soient $i_1, i_2, \ldots, i_n$ entiers positifs ou nuls. Or $\langle y_1^{i_1}y_2^{i_2}\ldots y_n^{i_n}P, f\rangle = \Pi(i_1, i_2, \ldots, i_n)\xi_1^{i_1}\xi_2^{i_2}\ldots\xi_n^{i_n}$ où Π est un polynome; Π étant nul pour toutes les valeurs entières non négatives des variables, il est identiquement nul et $\langle y_1^{i_1}y_2^{i_2}\ldots y_n^{i_n}P, f\rangle = 0$ quels que soient les entiers $i_1, i_2, \ldots, i_n$ et f est orthogonal à $\mathbf{a}$.

En particulier pour que $\xi_1^{x_1}\xi_2^{x_2}\ldots\xi_n^{x_n}$ soit orthogonale à $\mathbf{a}$ il faut et il suffit que $\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_n$ soit un zéro à l'idéal $\mathbf{a}^\star$ et d'après *d*, l'idéal $\mathbf{a}$ est orthogonal aux exponentielles $\xi_{i1}^{x_1}\xi_{i2}^{x_2}\ldots\xi_{in}^{x_n}$, $i = 1, \ldots, k$.

Lemme 2. — *Pour qu'un polynome $P \in \mathbf{F}^\star$ appartienne à l'idéal $(\mathbf{a}^\star)_i$ dans $\mathbf{S}_i$ il*

faut et il suffit que $\langle P, f\rangle = 0$ *quelle que soit l'exponentielle polynome*

$$f = Q\xi_{i1}^{x_1}\xi_{i2}^{x_2}\ldots\xi_{in}^{x_n}$$

orthogonale à **a**.

Pour tout entier positif s posons $x^{[s]} = (x+1)(k+2)\ldots(x+s)$, tout polynome $Q(x_1, x_2, x_n)$ peut s'écrire

$$Q = \sum \beta(j_1, j_2, j_n)\, x_1^{[j_1]} x_2^{[j_2]} \ldots x_n^{[j_n]}.$$

Si $P \in \mathbf{F}$ on a

$$\langle P, Q\xi_{i1}^{x_1}\xi_{i2}^{x_2}\ldots\xi_{in}^{x_n}\rangle = \left[\sum \beta(j_1, j_2, \ldots, j_n)\frac{\partial^{j_1+j_2+\ldots j_n}}{\partial x_1^{j_1}\partial x_2^{j_2}\ldots\partial x_n^{j_n}}(P x_1^{j_1} x_2^{j_2}\ldots x_n^{j_n})\right]_{x_1=\xi_{i1},\ldots,x_n=\xi_{in}}.$$

Munissons $\mathbf{S}_i$ de la topologie de la convergence de chaque coefficient, on peut identifier le dual de $\mathbf{S}_i$ à l'ensemble des fonctions de la forme

$$\langle L, S\rangle = \left[\sum \beta(j_1, j_2, \ldots, j_n)\frac{\partial^{j_1+j_2+\ldots+j_n}}{\partial x_1^{j_1}\partial x_2^{j_2}\ldots\partial x_n^{j_n}}(S x_1^{j_1} x_2^{j_2}\ldots x_n^{j_n})\right]_{x_1=\xi_{i1},\ldots,x_n=\xi_{in}}.$$

D'après un théorème de Krull ([2]) tout idéal de $\mathbf{S}_i$ est fermé et $(\mathbf{a}^\star)_i$ est l'ensemble des $S \in \mathbf{S}_i$ tels que $\langle L, S\rangle = 0$ quel que soit L vérifiant $\langle L, P\rangle = 0$ quel que soit $P \in \mathbf{a}^\star$ ou, d'après le lemme 1, quel que soit $P \in \mathbf{a}$.

Enfin du lemme 2 et de e on déduit le

Théorème. — *Tout sous-espace vectoriel fermé* **A** *de* **E** *différent de* **0** *et de* **E** *est engendré par les exponentielles polynomes qu'il contient.*

Il existe un nombre fini d'exponentielles $\xi_{i1}^{x_1}\xi_{i2}^{x_2}\ldots\xi_{in}^{x_n} \in \mathbf{A}$, $i = 1, 2, \ldots, k$ tel que **A** soit le plus petit sous-espace vectoriel fermé contenant les exponentielles polynomes $Q\xi_{i1}^{x_1}\xi_{i2}^{x_2}\ldots\xi_{in}^{x_n}$ appartenant à **A**.

(*) Séance du 24 mars 1958.

([1]) Krull, *Idealtheorie*.

([2]) H. Cartan, *Séminaire E. N. S.*, 1951-1952.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'existence de mesures avec une image donnée.* Note (*) de M. **Heinz Bauer**, présentée par M. Jean Leray.

Étant donné deux espaces localement compacts X, Y et une application continue φ de X dans Y, on donnera des conditions suffisantes pour qu'une ou toute mesure positive sur Y soit l'image de mesures positives sur X par l'application φ.

1. *Notations.* — Soient X et Y deux espaces localement compacts et φ une application continue de X dans Y. Nous désignerons par $\mathcal{K}(Y)$ l'espace vectoriel des fonctions numériques finies continues dans Y et à support compact, par $\mathcal{M}(Y)$ [resp. $\mathcal{M}(X)$] le cône convexe des mesures de Radon positives sur Y (resp. X).

Rappelons ce qu'on appelle image d'une mesure $\mu \in \mathcal{M}(X)$. Dans le cas où la fonction $f \circ \varphi$ est μ-intégrable quelle que soit la fonction $f \in \mathcal{K}(Y)$, on appelle image $\nu = \varphi(\mu)$ de μ par l'application φ la mesure définie par $f \to \int f \circ \varphi \, d\mu$. C'est une mesure positive sur Y et on a par définition : $\int f \circ \varphi \, d\mu = \int f \, d\nu$ pour toute fonction $f \in \mathcal{K}(Y)$.

Nous dirons qu'une mesure $\nu \in \mathcal{M}(Y)$ est *représentable* (comme image d'une mesure positive sur X par φ) s'il existe au moins une mesure $\mu \in \mathcal{M}(X)$ telle que $\varphi(\mu)$ soit définie et telle que l'on ait $\varphi(\mu) = \nu$.

Même dans le cas où l'application φ est surjective, il existe en général des mesures non représentables sur Y.

2. *Un principe de localisation.* — Pour un sous-espace localement compact T de Y, nous désignerons par ν_T la mesure induite sur T par une mesure $\nu \in \mathcal{M}(Y)$.

Définition 1. — Nous dirons qu'une mesure $\nu \in \mathcal{M}(Y)$ est *localement représentable* si tout point y de Y possède un voisinage ouvert V dans Y tel que la mesure ν_V soit l'image d'au moins une mesure positive sur $U = \overset{-1}{\varphi}(V)$ par la restriction de φ à U.

Théorème 1. — *Pour qu'une mesure $\nu \in \mathcal{M}(Y)$ soit représentable, il faut et il suffit qu'elle soit localement représentable.*

La démonstration de ce théorème utilise le lemme de Zorn.

Définition 2. — Nous dirons que l'application φ admet une *section locale* si tout point y de Y possède un voisinage V dans Y ayant la propriété suivante : il existe une application continue σ de V dans X telle que $\varphi \circ \sigma$ soit l'application identique.

On remarquera que l'existence d'une section locale entraîne que l'application φ est surjective.

Proposition 1. — *Si l'application φ admet une section locale, toute mesure $\nu \in \mathcal{M}(Y)$ est représentable.*

Corollaire. — *Si* X *est un espace fibré localement compact et localement trivial* [*au sens de H. Cartan* ([1])], *toute mesure $\nu \geq 0$ sur la base* Y *de* X *est l'image d'au moins une mesure $\mu \geq 0$ sur* X *par la projection de* X *sur* Y.

3. *Applications propres et hypothèses de dénombrabilité.* — Rappelons qu'on dit qu'une application continue d'un espace localement compact dans un autre est *propre* si l'image réciproque de tout compact est un compact.

Théorème 2. — *Si l'application φ est propre et surjective, toute mesure $\nu \in \mathcal{M}(Y)$ est représentable.*

La démonstration est basée sur un théorème de prolongement pour les formes linéaires positives ([2]).

Remarque. — D'après une communication de M. Choquet, G. Choquet et J. Deny, dans leurs recherches sur la théorie du potentiel, ont trouvé ce théorème indépendamment de nous, mais sous des hypothèses plus restrictives sur l'espace Y.

PROPOSITION 2. — *Soit* M *une partie de* $\varphi(X)$ *dont l'image réciproque* $\overset{-1}{\varphi}(M)$ *est la réunion d'une suite* $(K_n)_{n\geq 1}$ *de parties compactes de* X. *Alors toute mesure* $\nu \in \mathfrak{M}(Y)$ *concentrée sur* M *est représentable.*

On a comme conséquence le résultat suivant :

THÉORÈME 3. — *Si l'application* φ *est surjective et si l'espace* X *est dénombrable à l'infini, toute mesure* $\nu \in \mathfrak{M}(Y)$ *est représentable.*

Conséquence des théorèmes 1 et 3 :

PROPOSITION 3. — *Si l'application* φ *est surjective et si l'image réciproque de tout ensemble ouvert relativement compact est la réunion d'une suite d'ensembles compacts, toute mesure* $\nu \in \mathfrak{M}(Y)$ *est représentable.*

4. *L'espace* $\tilde{X}$. — Comme nous l'avons déjà signalé, même pour une application surjective φ, il existe en général des mesures non représentables. On a quand même le résultat suivant :

PROPOSITION 4. — *Si l'application* φ *est surjective, il existe un espace topologique* $\tilde{X}$ *ayant les propriétés suivantes* :

1° $\tilde{X}$ *est localement compact*; X *est un sous-espace dense de* $\tilde{X}$;

2° φ *peut être prolongée en une application continue propre* $\tilde{\varphi}$ *de* $\tilde{X}$ *sur* Y ;

3° *pour tout couple* x_1, x_2 *de points distincts de* $\tilde{X}$ *n'appartenant pas à* X, *on a* $\tilde{\varphi}(x_1) \neq \tilde{\varphi}(x_2)$.

Par ces propriétés, l'espace $\tilde{X}$ *est déterminé uniquement, à une homéomorphie près laissant* X *ponctuellement invariant.*

COROLLAIRE. — *Toute mesure* $\nu \in \mathfrak{M}(Y)$ *est l'image d'au moins une mesure positive sur* $\tilde{X}$ *par l'application* $\tilde{\varphi}$.

On construit l'espace $\tilde{X}$ en utilisant la remarque suivante :

La restriction de $\tilde{\varphi}$ au complémentaire $\tilde{X}_i$ de X est une homéomorphie de $\tilde{X}_i$ sur l'espace Y_i des points y de Y n'ayant pas de voisinage V dans Y dont l'image réciproque $\overset{-1}{\varphi}(V)$ est compacte.

(*) Séance du 24 mars 1958.

(1) *Cf.* Séminaire H. CARTAN, *École Norm. Sup.*, 1949-1950.

(2) *Cf.* H. BAUER, *S.-Ber. Math. naturw. Kl. Bayer. Akad. Wiss.* (Munich), 1957, p. 177-190.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur la convergence biunivoque des plans tangents à une orthosurface.* Note (*) de M. **Jean Mirguet**, transmise par M. Georges Bouligand.

En théorie des surfaces, on établit, dans les conditions de dérivabilité traditionnelles, que le long d'une ligne asymptotique, le plan tangent pivote autour de la tangente; j'examine si la propriété subsiste pour des orthosurfaces plus générales et propose un exemple affirmatif déduit de la *convergence biunivoque* des plans tangents.

Par son théorème fondamental sur les conditions d'univocité à imposer au contingent de courbure normale, au voisinage d'un point M d'une surface, pour obtenir, en M, la dérivabilité seconde et la forme eulérienne, M. Bouligand [1] a ouvert le champ d'étude des systèmes de conditions géométriques propres à redonner cette dérivabilité; parmi ces systèmes j'ai signalé la *convergence biunivoque* des plans tangents [2]. L'intervention de cette même convergence biunivoque, dans un ensemble adéquat de conditions d'équivalences, peut encore être exploitée, pour répondre à une nouvelle question de M. Bouligand : Si, sur une orthosurface, un point M_i tend vers un point fixe M, selon une demi-tangente Mt, telle que la limite de l'intersection des plans tangents en M et M_i coïncide avec le support de Mt, ce support appartient-il au ptg_2? [3].

Dans le but de définir une classe générale d'orthosurfaces, qui présentent partout un plan tangent continu, et où un mode spécial de convergence des plans tangents permet une réponse affirmative à cette question, je propose les deux conditions α et β suivantes :

Quand un point M_i tend, sur la surface S vers un point M fixe, soit Γ_i une intersection de S par un plan Q_i orthogonal au plan P, tangent à S en M; A_i, un éventuel point de Γ_i, où la tangente à Γ_i est parallèle à P; μ_i et B_i, les projections orthogonales respectives de M_i sur P, et de A_i sur $M_i\mu_i$; C_i, l'intersection de A_iB_i et de la tangente à Γ_i en M_i.

α. Si A_i existe et tend vers M en même temps que M_i et Q_i, on a $A_iB_i/A_iC_i \to 2$. Cette première condition est un cas particulier de convergence des plans tangents en M, car, si l'on prend, pour Q_i, le plan normal en M qui contient M_i, M est un point A_i et $\mu_i = B_i$; donc, $M\mu_i/MC_i \to 2$ et la limite de l'intersection des plans tangents en M et M_i passe par M.

β. La seconde condition est que cette convergence, provoquée par α, sera biunivoque, c'est-à-dire que, si $M_i \to M$ selon une demi-tangente Mt, la limite $D(Mt)$ de l'intersection $D(M, M_i)$ des plans tangents en M et M_i, ne dépendra que de Mt, et, de plus, cette même $D(Mt)$ ne correspondra à aucune autre demi-tangente, voisine de Mt.

Théorème. — *En un point* M, *où se vérifient les conditions* α *et* β, *si la* $D(Mt)$, *concomitante d'une demi-tangente* Mt, *coïncide avec le support de* Mt, *ce support est une paratingente de rang supérieur au premier.*

En effet, si ce support est exclu du ptg_2, tout point M_i, tendant vers M sur S, selon Mt, ne peut rester indéfiniment dans le plan P, tangent à S en M; M_i tend donc vers M, en finissant par être constamment *en dessus* ou *en dessous* de P.

De plus, il existe une droite Δ, menée par M dans P, distincte du support de Mt, exclue, elle aussi, du ptg_2, et, sur l'intersection Γ de S et du plan normal R, à S en M, qui contient Δ, figure un arc $\gamma_1\gamma_2$, convexe, auquel M est intérieur; je supposerai $\gamma_1\gamma_2$ *au-dessus* de P. Sur l'intersection Γ_i de S et du plan parallèle à R, mené par M_i, tout arc σ, dont tous les points tendent vers M, en même temps que M_i, contient un point A_i, et un seul, où la tangente à Γ_i est parallèle à Δ, et σ finit par être convexe; vu la condition β, A_i et M_i ne sauraient coïncider indéfiniment et A_i ne peut tendre vers M selon Mt.

Je désigne par K_i et L_i les points respectifs où la tangente à Γ_i en M_i et où la corde A_iM_i percent P. Par hypothèse $\mu_iK_i/M\mu_i \to$ zéro; et je distingue deux cas :

1[er] *Cas :* M_i *tend vers* M *en restant, comme* $\gamma_1\gamma_2$, *au-dessus de* P.

A_i ne peut, alors, rester indéfiniment au-dessus de P, car on aurait

$$\frac{\mu_iK_i}{M\mu_i} > \frac{B_iC_i}{B_iA_i}\,\frac{B_iA_i}{M\mu_i}.$$

Or, $B_iC_i/B_iA_i \to 1/2$ et $B_iA_i/M\mu_i$ ne tend pas vers zéro; donc, le premier membre ne tendrait pas vers zéro; donc, l'arc A_iM_i de Γ_i finit par percer P et par être convexe; il finit donc par rencontrer constamment P, en un point I, situé entre K_i et L_i, et l'on a

$$\frac{I\mu_i}{M\mu_i} < \frac{L_i\mu_i}{\mu_iK_i}\,\frac{\mu_iK_i}{M\mu_i}.$$

Or, $L_i\mu_i/\mu_iK_i \to 2$, $\mu_iK_i/M\mu_i \to$ zéro, donc, le premier membre tend vers zéro; donc I est un point de S qui tend vers M selon Mt en restant sur P : ce qui est contradictoire.

2[e] *Cas :* M_i *tend vers* M, *en restant en dessous de* P.

Puisque $\mu_iK_i/M\mu_i \to$ zéro, l'arc de Γ_i, situé entre les parallèles à $M_i\mu_i$, menées par A_i et K_i, tend tout entier vers M et finit par être convexe; donc, cet arc rencontre P en un point I situé entre μ_i et K_i. Donc $I\mu_i/M\mu_i$ finit par rester inférieur au rapport $\mu_iK_i/M\mu_i$ qui tend vers zéro : ce qui redonne la même contradiction qu'au premier cas.

(*) Séance du 24 mars 1958.

(1) G. BOULIGAND, *Journal de Math. pures et appliquées*, 9e série, 2, 1932, p. 131-141.

(2) J. MIRGUET, *La revue scientifique*, 86, 1948, p. 324, § 2.

(3) G. BOULIGAND, *Introduction à la Géométrie infinitésimale directe*, Paris, 1932, p. 127.

MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES. — *Sur la généralisation d'un procédé de E. J. Routh.* Note (*) de M. **Daniel Tinh-Quat Pham**, transmise par M. Joseph Pérès.

E. J. Routh, dans son Ouvrage *Advanced rigid dynamics* (Londres, 1905, p. 226), a décrit un procédé qu'il nomme multiplication en croix pour déterminer le reste de la division de deux polynomes. Le procédé a été repris par Burnside et Panton (*The theory of equations*, Londres, 1928). Le procédé de Routh est particulièrement commode pour le calcul mécanique des restes par les machines à calculer dans le cas des polynomes à coefficients numériques.

Routh, comme Burnside et Panton ont surtout en vue le calcul des restes successifs dans la recherche du plus grand commun diviseur d'un polynome et de sa dérivée et son application au théorème de Sturm.

Le procédé de Routh ne s'applique plus dès que dans les divisions successives on trouve deux polynomes consécutifs dont les degrés diffèrent de deux unités au moins.

La généralisation que je propose dans cette Note permet de trouver mécaniquement le quotient et le reste de la division de deux polynomes à coefficients numériques dans tous les cas.

Notations. — Posons

$$A = (a_0, a_1, \ldots, a_n), \qquad X_n = (x^n, x^{n-1}, \ldots, x, 1),$$

(notations d'une matrice ligne et d'une matrice colonne).

Le polynome

$$a_0 x^n + a_1 x^{n-1} + \ldots + a_{n-1} x + a_n$$

se met sous la forme d'un produit matriciel AX_n.

Définissons

(1) $$A + B = (a_0, a_1, \ldots, a_n) + (b_0, b_1, \ldots, b_p) = (a_0 + b_0, a_1 + b_1, \ldots).$$

Lorsque $n = p$, c'est l'addition matricielle ordinaire ; lorsque $n > p$, à partir de $i = p + 1$ les éléments $a_i + b_i$ de $A + B$ se réduisent à a_i :

(2) $$kA = Ak = (ka_0, ka_1, \ldots, ka_n),$$

(3) $$(O_r, A) = (0, \ldots, 0, a_0, \ldots, a_n),$$

les r premiers éléments du second membre sont des zéros. Écrivons $O = (0, 0, \ldots)$.

Ainsi

$$b_0 A - a_0 B = (O, b_0 a_1 - b_1 a_0, \ldots).$$

(4) $$A . B = C = (c_0, c_1, \ldots, c_q), \qquad \text{avec} \quad c_k = \sum_{k=i+j} a_i b_j.$$

On voit immédiatement que $A.(B+C)=(B+C).A=A.B+A.C.$

(5) $$B^{\star}A=b_0(a_1, a_2, \ldots, a_n)-a_0(b_1, b_2, \ldots, b_n).$$

On voit que

$$b_0A-a_0B=(O, B^{\star}A).$$

Le dernier produit est le produit en croix de Routh. La multiplication en croix est naturellement anticommutative et non associative.

(6) $$B^{\star}(B^{\star}A)=B^{\star 2}A \quad \text{et plus généralement} \quad B^{\star}(B^{\star p}A)=B^{\star(p+1)}A.$$

C'est l'introduction de ces produits en croix réitérés qui permet de généraliser le procédé de Routh.

Ceci posé, considérons deux polynomes AX_n et BX_p de degré n et p respectivement ($n \geq p$). La division suivant les puissances décroissantes de la variable x donne

$$AX_n=BX_p.QX_{n-p}+RX_{p-1}$$

ou, puisque

$$BX_p.QX_{n-p}=(B.Q)X_n,$$
$$(A-B.Q)X_n=RX_{p-1},$$

c'est-à-dire

$$A-B.Q=(O_{n-p+1}, R).$$

Posons

$$B^{\star}A=A^{(1)}, \quad \ldots, \quad B^{\star k}A=A^{(k)}=(a_0^{(k)}, a_1^{(k)}, \ldots).$$

Je vais montrer que

(I) $$Q=(q_0, q_1, \ldots, q_{n-p}) \quad \text{où} \quad q_i=\frac{a_0^{(i)}}{b_0^{i+1}},$$

(II) $$R=\frac{1}{b_0^{n-p+1}}B^{\star(n-p+1)}A.$$

En effet, soit $Q_i=(O_i, q_i, q_{i+1}, \ldots, q_{n-p})$ $(i=1, 2, \ldots)$; remarquons que

$$B.Q_i=B.(O_i, q_i, 0, \ldots)+B.Q_{i+1}=(O_i, Bq_i)+B.Q_{i+1}.$$

Formons, à l'aide de l'expression de Q donnée par l'égalité (I),

$$A-B.Q=A-Bq_0-B.Q_1=\frac{1}{b_0}(b_0A-a_0B)-B.Q_1$$
$$=\frac{1}{b_0}(O, A^{(1)})-B.Q_1$$
$$=\frac{1}{b_0^2}(O, b_0A^{(1)})-\frac{1}{b_0^2}(O, a_0^{(1)}B)-B.Q_2$$
$$=\frac{1}{b_0^2}(O_2, A^{(2)})-B.Q_2.$$

Un raisonnement élémentaire par récurrence montre immédiatement qu'on a

pour tout $i \leq n-p$:

$$A - B.Q = \frac{1}{b_0^i}(O_i, A^{(i)}) - B.Q_i$$

et

$$A - B.Q = \frac{1}{b_0^{n-p+1}}(O_{n-p+1}, A^{(n-p+1)}).$$

Cette égalité prouve que QX_{n-p}, où Q est donné par l'égalité (I), est bien le quotient cherché et que le reste est bien RX_{p-1}, R étant donné par l'égalité (II).

Dans la pratique, on dresse le tableau

B....................	b_0	b_1	b_2	b_3	...
A....................	a_0	a_1	a_2	a_3	...
B*A..................	$a_0^{(1)}$	$a_1^{(1)}$	$a_2^{(1)}$	$a_3^{(1)}$	...
	...	...	...	...	...
$B^{*i}A$..................	a_0^i	a_1^i	a_2^i	a_3^i	...

$(i = n - p + 1)$.

Dans ce tableau, chaque ligne, à partir de la troisième est le produit de Routh de la première ligne par la ligne précédente. On forme ainsi $n-p+1$ lignes sans compter les deux premières.

La dernière ligne, au multiplicateur

$$\frac{1}{b_0^{n-p+1}} \text{ près,}$$

donne les coefficients successifs du reste. Quant aux coefficients du quotient, on les trouve à la première colonne, à partir de la troisième ligne, aux multiplicateurs successifs

$$\frac{1}{b_0}, \quad \frac{1}{b_0^2}, \quad \ldots, \quad \frac{1}{b_0^{n-p+1}} \text{ près.}$$

(*) Séance du 24 mars 1958.

CALCUL NUMÉRIQUE. — *Analyse et prédiction des marées.*

Note (*) de Mme **Geneviève Coulmy**, présentée par M. Joseph Pérès.

1. *Pose du problème.* — La hauteur h_t de la marée à l'instant t, pour un lieu donné, est la résultante des amplitudes des diverses ondes fondamentales dont on connaît les périodes avec précision. Son équation s'écrit :

$$(1) \qquad h_t = A + \sum A_i \cos(q_i t - \alpha_i),$$

où A, hauteur de niveau moyen; q_i, A_i, α_i, vitesse horaire, amplitude et phase

de l'onde de rang i, et dans laquelle A, les A_i et les α_i, caractéristiques du lieu, sont à déterminer. Leur connaissance donne l'analyse de la marée au point considéré et permet, en conséquence, la prédiction de la marée en ce même point, q_i étant connu et restant très sensiblement constant.

On peut aussi linéariser l'équation et écrire :

$$h_t = A + \sum Y_i \cos q_i t + \sum X_i \sin q_i t. \qquad (2)$$

en posant

$$Y_i = A_i \cos\alpha_i, \qquad X_i = A_i \sin\alpha_i.$$

2. *Première méthode*. — Pour résoudre ce problème, nous avons d'abord employé notre méthode de lissage et quadrature ([1]) en partageant l'intervalle d'observations ([2]) en différents tronçons pour lesquels, d'après l'équation (2) :

$$\int_{t_1}^{t_2} h_t\,dt = A(t_2 - t_1) + \sum \left(\frac{Y_i}{q_i} \sin q_i t\right)_{t_1}^{t_2} - \sum \left(\frac{X_i}{q_i} \cos q_i t\right)_{t_1}^{t_2}$$

et en nombre égal à celui des inconnues ([3]) : il nous restait à résoudre un système d'équations linéaires qui nous fournissait les grandeurs cherchées avec une très bonne précision théorique. Nous avons dû provisoirement abandonner cette méthode, sa mise au point nécessitant la résolution d'un nombre important de tels systèmes, de calculs laborieux.

3. *Seconde méthode*. — Nous avons préféré poursuivre nos recherches sur une autre base et mettre au point une méthode qui nous donne d'excellents résultats. Il s'agit d'extraire, l'une après l'autre, les différentes ondes qui composent la marée, avec leur amplitude A_i et leur phase α_i propres, en éliminant toutes les autres. Cette élimination se fait par combinaisons linéaires d'ordonnées dont la définition coïncide avec celle de la méthode de H. et Y. Labrouste ([4]), bien que nos recherches se soient poursuivies indépendamment de cette méthode :

$$Y_\mu = y_\mu + y_{-\mu}, \qquad Z_\mu = y_\mu - y_{-\mu},$$

de coefficients d'amplitude $2\cos 2\pi\frac{\mu}{n}$, $2\sin 2\pi\frac{\mu}{n}$, où n est la période de l'onde considérée:

Pour éliminer une onde, il suffit de choisir μ de telle sorte que le coefficient d'amplitude soit minimum pour cette onde et en même temps maximum pour l'onde à conserver : en pratique y_μ et $y_{-\mu}$ représentent des valeurs en phase ou en opposition de phase dont la soustraction ou l'addition donne les maximum et minimum recherchés. Sur ce principe, nous avons établi un choix de combinaisons très simples qui nous donnent d'excellents résultats bien que nous soyons très limités par le petit intervalle d'observation : une combinaison Y_μ ou Z_μ occasionne, en effet, une chute de 2μ points aux extrémités. Si cette méthode devait s'appliquer d'une manière générale aux marées, il serait avantageux de disposer d'un nombre plus grand de points expérimentaux. Toutefois,

les combinaisons que nous donnons fournissent une précision très suffisante et laissent subsister, en moyenne, une dizaine de périodes pour chaque onde ce qui permet largement l'étude de l'amplitude et de la phase et la vérification très précise de la fréquence.

Ondes.	Vitesse horaire.	Combinaisons.	Coefficients d'amplitude.	Résultats. Amplitude (cm).	Résultats. Phase (grades).
		Diurnes.			
Q_1....	13°,3987	$(Z_6)^2 Y_{14} Y_{15,5} Y_{29} Z_{19} Z_{45} Y_{94,5}$	−163,760	18,9	55,7
O_1....	13°,9430	$(Z_6)^2 Y_{14} Y_{15,5} Z_{19} Z_{30,5} Z_{45} Z_{94}$	−137,770	38,2	51,3
K_1....	15°,0411	$Z_6 Y_{14} Y_{9,5} Y_{22,5} Y_{47} Y_{59} Y_{71} Z_{30,5}$	−150,200	33,3	7,5
		Semi-diurnes.			
μ_2....	27°,9682	$(Z_3)^2 (Y_5 + Y_8) Y_6 Y_{45} Y_{59} Z_{30,5} Z_{95}$	158,613	4,4	−35
N_2....	28°,4397	$(Z_3)^2 (Y_5 + Y_8) Y_6 Y_{45} Y_{59} Y_{64} Y_{74}$	97,759	7,8	20
M_2...	28°,9841	$(Z_3)^2 (Y_5 + Y_8) Y_6 Y_{45} Y_{47,5} Z_{51,5} Y_{64}$	−53,587 ; Déphas. $\frac{\pi}{2}$	26,3	17,5
L_2....	29°,5285	$(Z_3)^2 (Y_5 + Y_8) Y_6 Y_{59} Z_{15,5} Z_{38} Z_{51,5} Z_{90}$	−201,809	2,0	54
S_2....	30°,0000	$(Z_3)^2 (Y_5 + Y_8) Y_6 Y_{29,5} Y_{59} Y_{64} Z_{38} Z_{45}$	−253,310	19,8	137
		Quart diurnes.			
M_4...	57°,9682	$(Y_6)^2 (Y_3)^4 (Z_{88,5})^2$	239,098	0,7	10
MS_4..	58°,9841	$(Y_6)^2 (Y_3)^4 (Y_{88,5})^2$	251,701	<0,5	–

(*) Séance du 10 mars 1958.

(1) *Comptes rendus*, **246**, 1958, p.

(2) Nous disposons des 721 hauteurs horaires du mois de juillet 1951, relevées à Port-Martin (Terre Adélie).

(3) 21, pour 10 ondes principales, les autres étant négligeables.

(4) *Méthode d'analyse par combinaisons linéaires d'ordonnées*, Presses Universitaires de France, Paris, 1943.

ÉLASTICITÉ. — *Formules générales de l'Élasticité finie.*

Note (*) de M. **Paul Anglès d'Auriac**, présentée par M. Henri Villat.

Nous donnons ci-après les formules générales de l'Élasticité finie obtenues à l'aide de la notation ayant fait l'objet des Notes citées en référence (1).

Nous donnons en variante l'écriture indicielle des mêmes formules.

Travail dans une transformation élémentaire : $\overline{O}^{\xi}$ étant les coordonnées d'un point du corps dans l'état considéré et $\overline{O}^{\xi} + \overline{O}^{\prime\prime}$ ses coordonnées dans un état voisin, le travail total des forces extérieures (au contour et de volume) dans

cette transformation infinitésimale est

(1) $$\iiint \left(\overset{\sigma}{—}\!\circ\!\overset{\sigma}{—} \; du \; \underset{d\xi}{—\circ} \right) d\Omega$$

$\overset{\sigma}{—}\circ\overset{\sigma}{—}$ désignant le tenseur des contraintes dans l'état $\circ\overset{\xi}{—}$, et $d\Omega$ l'élément de volume. La formule est valable quel que soit l'état physique du corps.

$\Big($En notation indicielle $\iiint \sigma^{ij}(du^i/d\xi^j)\, d\Omega.\Big)$

Loi générale de l'Élasticité : $\circ\overset{x}{—}$ étant les coordonnées d'un point du corps dans l'état neutre et $\circ\overset{\xi}{—}$ les coordonnées du même point dans l'état contraint, l'énergie élastique W par unité de masse ne dépend que du tenseur

$$\overset{A}{—}\circ\overset{A}{—} = \underset{dx}{—}\circ\overset{d\xi}{—}\;\overset{d\xi}{—}\circ\underset{dx}{—}$$

La fonction $W\left(\overset{A}{—}\circ\overset{A}{—}\right)$ définit la loi du matériau

$$A^{ij} = A^{ji} = \frac{d\xi^k}{dx^i}\frac{d\xi^k}{dx^j}, \qquad W(A^{ij}).$$

Contraintes en fonction de la loi du matériau :

(2) $$\begin{cases} \Omega\ \overset{\sigma}{—}\circ\overset{\sigma}{—} = 2\ \overset{d\xi}{—}\circ\underset{dx}{—}\ \underset{dA}{—}\!\textcircled{dW}\!\underset{dA}{—}\ \underset{dx}{—}\circ\overset{d\xi}{—} \\ \Omega\ \sigma^{ij} = 2\,\dfrac{d\xi^i}{dx^k}\dfrac{d\xi^j}{dx^l}\dfrac{dW}{dA^{kl}} \end{cases}$$

Condition d'intégrabilité. — Si l'on se donne la loi du matériau sous la forme d'une relation entre la contrainte et $\overset{A}{—}\circ\overset{A}{—}$, cette relation doit *a priori* satisfaire à la condition d'intégrabilité ci-dessous.

Appelons $\overset{\Sigma}{—}\circ\overset{\Sigma}{—}$ la contrainte pour une déformation pure, c'est-à-dire pour

$$\overset{d\xi}{—}\circ\underset{dx}{—} = \underset{dx}{—}\circ\overset{d\xi}{—} = \overset{a}{—}\circ\overset{a}{—}$$

Posons $\overset{\dot a}{—}\circ\overset{\dot a}{—}$, tenseur inverse de $\overset{a}{—}\circ\overset{a}{—}$.

La condition d'intégrabilité s'écrit

(3) $$\overset{\dot a}{—}\circ\overset{\dot a}{—}\ \overset{d\Sigma}{—}\!\!\underset{da\quad da}{\times}\!\!\overset{d\Sigma}{—} + \frac{\overset{\dot a}{—}\circ\overset{\dot a}{—}\ \ \overset{\Sigma}{—}\circ\overset{\Sigma}{—}}{\overset{\dot a}{—}\circ\overset{\dot a}{—}} - \frac{1}{2}\left[\ \overset{\dot a}{\underset{\dot a}{\rfloor}}\ \overset{\dot a}{\underset{\dot a}{\lfloor}}\ \overset{\Sigma}{—}\circ\overset{\Sigma}{—} + \overset{\dot a\quad \dot a}{\underset{\dot a\quad \dot a}{\times}}\ \overset{\Sigma}{—}\circ\overset{\Sigma}{—}\right] + (\cdots\cdots) = \mathrm{I}$$

Le terme $(\ldots)$ représente les quatre termes écrits à sa gauche où l'on a permuté toute valence de droite avec la valence correspondante de gauche. Le symbole $\top$ du second membre signifie qu'on permute les deux valences du haut avec les deux valences du bas. La formule comprend donc 16 termes. Son écriture indicielle nécessite l'écriture effective des 16 termes.

Équation générale de l'Élasticité. — La loi du matériau étant définie par $W\left(\frac{A}{}\circ\frac{A}{}\right)$ l'équation générale de l'Élasticité s'écrit

(4) 4 $d^2\xi$ — dx dA | d^2W | dA dx — $d\xi$ / dx dA | | dA dx — $d\xi$ $+2$ (dW) dA dx / dA dx — $d^2\xi$ $+\circ\frac{X}{}=0$

$\circ\frac{X}{}$ désignant la force de volume dans l'état contraint.

Pour l'écriture indicielle, on posera

$$\frac{dW}{dA^{ij}}=H^{ij},\qquad \frac{dH^{ij}}{dA^{kl}}=K^{(ij)(kl)}$$

avec les symétries de i avec j, de k avec l, et de l'ensemble (ij) avec l'ensemble (kl)

$$(4)\qquad 4K^{(ij)(kl)}\frac{d^2\xi^m}{dx^i\,dx^k}\frac{d\xi^m}{dx^l}\frac{d\xi^h}{dx^j}+2H^{ij}\frac{d^2\xi^h}{dx^i\,dx^j}+X^h=0.$$

(*) Séance du 17 mars 1958.

(1) *Comptes rendus*, 245, 1957, p. 1489, 1584 et 1685.

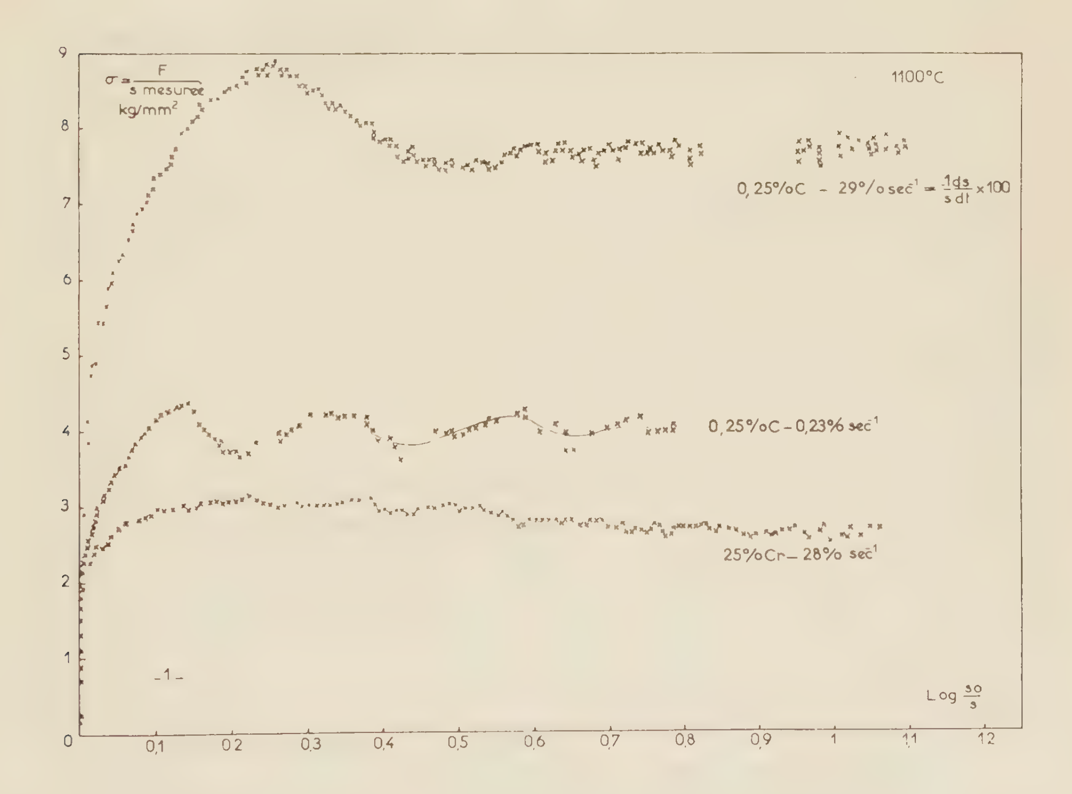
MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Phénomènes transitoires au cours de la déformation à chaud de l'acier par traction à vitesse rationnelle de déformation constante.* Note (*) de MM. **Claude Rossard** et **Paul Blain**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Des essais de traction à chaud à vitesse rationnelle de déformation constante ont permis de montrer que, pour une vitesse de déformation rationnelle et une température fixées, on atteint un état de régime pour lequel la contrainte ne dépend plus de la déformation, après un état transitoire caractéristique de la nuance d'acier.

Nous avons déjà montré (1) par des essais de torsion à chaud l'existence, au cours de la déformation, de phénomènes transitoires caractéristiques de la nuance d'acier. L'étude et la mise au point d'une nouvelle machine de traction à chaud ont permis de retrouver ces phénomènes par des essais de traction à chaud à vitesse de déformation rationnelle constante. La

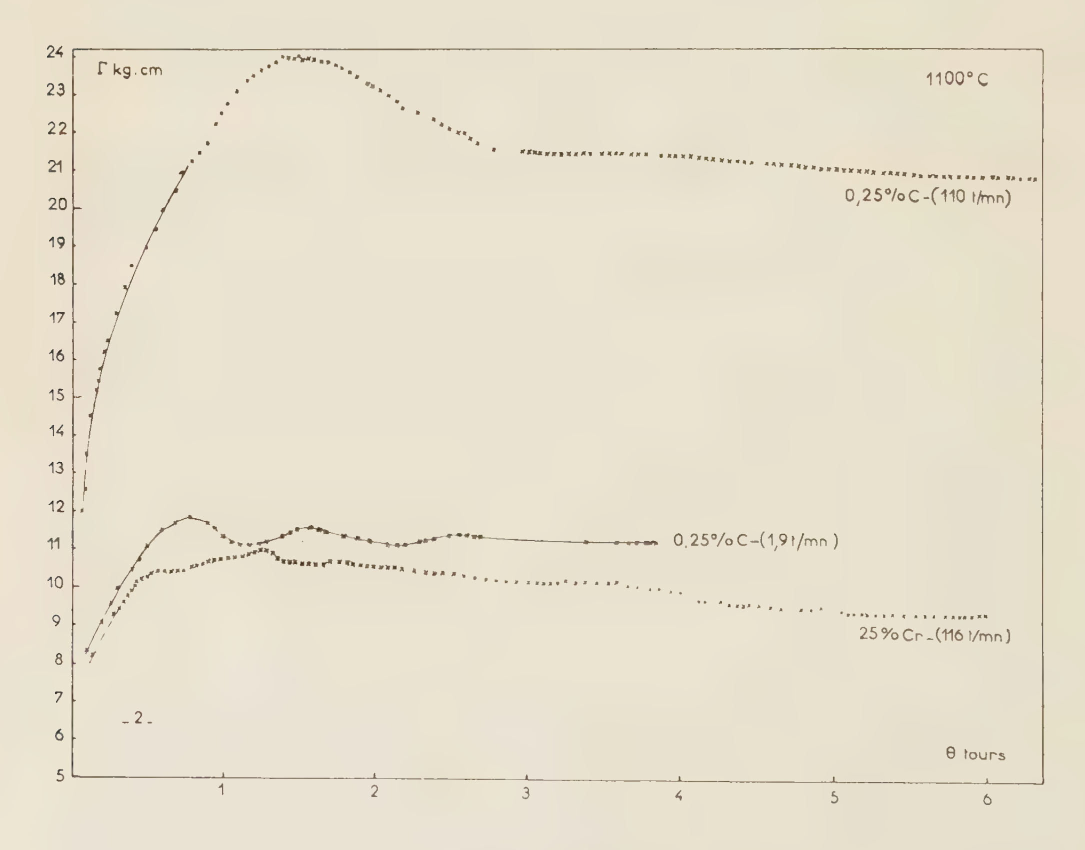
principale caractéristique de cette machine est de permettre une loi quelconque de déformation en fonction du temps. La réalisation de la loi désirée est assurée par un servomécanisme hydraulique qui fait qu'à tout moment le mouvement de la tête mobile de l'éprouvette reproduit celui de l'axe d'une roulette guidée par une came tournant à vitesse constante. La vitesse de déformation peut varier de 0,03 à 3 000 $\%\, s^{-1}$ avec des éprouvettes d'une longueur utile initiale de 36 mm et de section initiale 20 mm². Les essais s'effectuent sous atmosphère d'argon jusqu'à 1 300° C. L'effort est équilibré par une lame flexible et l'on enregistre par cinématographie la variation de l'effort en fonction de la déformation et du temps.

Nous avons tout d'abord effectué des essais avec une came telle que la loi de déformation soit $(1/l)\ (dl/dt) =$ Cte, l étant la longueur de l'éprouvette à chaque instant. Cette loi ne réalise une vitesse rationnelle constante que tant que la déformation de l'éprouvette est homogène. Nous avons donc fait, pour une vitesse de rotation de la came donnée, des essais arrêtés



à diverses déformations. Ceci nous a permis de tracer la courbe $s\ (l)$ donnant la surface de la section minimum de l'éprouvette en fonction de l'allongement. On peut alors, par une méthode graphique très simple, déterminer le profil de la came qui va réaliser la loi cherchée soit $-(1/s)\ (ds/dt) =$ Cte La came étant construite, il faut effectuer une nouvelle série d'essais

interrompus à diverses déformations pour vérifier qu'on obtient bien la section prévue à un allongement donné et au bout d'un temps convenable, car la loi *s* (*l*) dépend de la vitesse de traction. Si nécessaire on peut facilement retoucher la came qui, ne supportant qu'un effort très faible, est en alliage d'aluminium. Ayant ainsi enregistré la courbe effort-allongement, soit F (*l*), pour un essai au cours duquel la vitesse de déformation rationnelle de la section minimum est constante, on peut tracer la courbe contrainte vraie-déformation vraie. Connaissant la section minimum *s* pour chaque allongement, on en déduit en effet la déformation rationnelle Log (s_0/s) et la contrainte F/*s*, une correction pouvant être nécessaire pour cette dernière expression lorsque le rayon de courbure de la striction devient trop faible par rapport au rayon de l'éprouvette. On peut ainsi, avec une assez bonne précision, atteindre des déformations rationnelles de 110 %, ce qui pour une éprouvette qui se déformerait de façon homogène, revient à multiplier par trois la longueur initiale.



La figure 1 représente des courbes obtenues à 1 100° C, d'une part, pour un acier à 0,25 % C et les deux vitesses rationnelles de 0,23 et 29 % s^{-1}, d'autre part pour un acier à 25 % Cr ferritique à toute température et la vitesse rationnelle de 28 % s^{-1}. On constate que la contrainte se fixe à

une valeur constante après une période transitoire. On retrouve bien, pour l'acier à 0,25 % C, les oscillations de 20 % environ en déformation, très nettes surtout aux faibles vitesses. Pour l'acier à 25 % Cr les essais de torsion nous avaient montré l'existence d'une période d'oscillation de 200 % environ en déformation. La courbe de traction de la figure 1 se trouve arrêtée approximativement au premier minimum. La figure 2 représente les courbes de torsion obtenues pour des vitesses de déformation maximum, c'est-à-dire à la surface de l'éprouvette, sensiblement équivalentes à celles des courbes de traction de la figure 1, un tour de torsion représentant 22 % de déformation maximum.

Ces essais de traction ont montré qu'on n'atteint un état de régime, où la contrainte ne dépend plus de la déformation, que si la vitesse rationnelle de déformation est maintenue constante. Les phénomènes transitoires, comme nous le signalerons dans une prochaine communication, sont liés à des modifications de structure se produisant au cours de la déformation.

(*) Séance du 24 mars 1958.

[1] C. Rossard et P. Blain, *Comptes rendus*, 245, 1957, p. 2178.

MÉCANIQUE DES SOLS. — *Étude de la dureté des épontes dans les mines par des méthodes statistiques*. Note (*) de M. **Bertrand Schwartz**, présentée par M. Georges Darmois.

1. *Généralités.* — Jusqu'en 1950, les étançons utilisés comme soutènement dans les chantiers au charbon étaient extrêmement lourds (donc dangereux et chers) parce qu'on leur demandait, non seulement d'éviter les chutes de blocs, mais également de limiter les mouvements du toit et du mur. Et, ce dernier rôle impliquant des résistances considérables, les étançons devaient résister jusqu'à 60, 80 et même 100 t, d'où des éléments pesant 100 kg pour des hauteurs de 2 m à 2,50 m.

Or, les études ont montré [1] que les possibilités de freinage ou limitation de mouvements sont très faibles, et que le fait de conférer aux étançons des résistances considérables est absurde si le mur ou le toit sont tendres, les étançons s'y enfonçant alors sans coulisser ou en coulissant très peu.

D'où l'idée de procéder à des études de dureté des épontes (toit et mur) qui présenteront le double intérêt :

— à l'échelle du chantier, de caractériser et évaluer les duretés des terrains et, par suite, en fonction des caractéristiques du soutènement qui s'y trouve, de calculer les surfaces de semelles à adapter sur les étançons;

— à l'échelle nationale ou seulement d'un bassin, de déterminer les caractéristiques optimum du soutènement, ou d'harmoniser au mieux

les caractéristiques des différents matériels dont on dispose, avec celles des terrains de chaque voie.

2. *Méthode d'étude.* — La méthode qui paraît la plus simple pour étudier la dureté des terrains consiste à prendre une presse et faire des courbes enfoncement-charge; malheureusement, ces courbes si intéressantes soient-elles, ne donnent que des indications très imparfaites car l'essai est rapide. Or, le facteur temps a un rôle prépondérant en matière de rupture de roches.

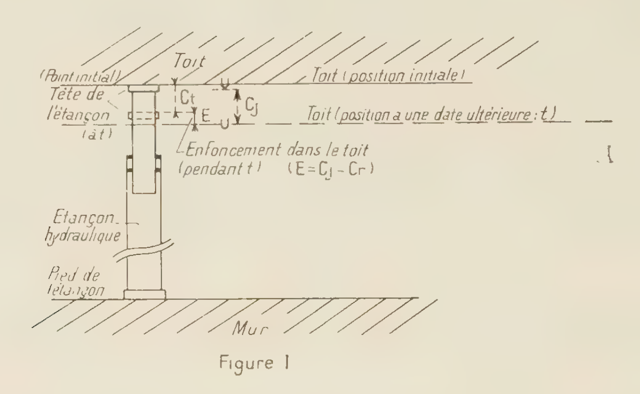


Figure 1

D'où la nécessité d'utiliser, comme presse, un étançon dynamométrique placé comme un étançon normal, la méthode d'étude étant la suivante :

Si pendant une période donnée (la figure représente le cas d'un enfoncement dans le toit), ct est le coulissement d'un étançon, cj la convergence d'une broche voisine, l'enfoncement est $e = cj - ct$.

Si $cj = ct$, il n'y a pas d'enfoncement.

Si $ct = 0$, l'étançon se comporte comme un pieu. Il est alors inutilement trop compliqué ou trop rigide.

En prenant un assez grand nombre de mesures, on obtient ainsi un tableau de couples ct, cj dont on calcule les moyennes $\overline{ct}$, $\overline{cj}$, les écarts types S ct, S cj et le coefficient de corrélation r, donné par la formule

$$r = \frac{\Sigma(ct - \overline{ct})(cj - \overline{cj})}{S\,ct \quad S\,cj}.$$

Le rapport $D = \overline{ct}/\overline{cj}$ donne une représentation correcte de la dureté des épontes. En effet, si les terrains sont très durs (tout au moins de résistance supérieure à celle de l'étançon presse), l'enfoncement est nul et $\overline{ct} = cj$ donc $D = 1$. Si les épontes sont au contraire tendres et qu'à aucun moment leur résistance n'atteint celle des étançons presse, $\overline{ct} = 0$, $D = 0$.

Ainsi plus D sera voisin de 1, plus, en moyenne, les épontes seront dures.

Le coefficient r représente l'hétérogénéité des terrains. Un r faible par

exemple, signifie :

— soit qu'il n'y a que peu de liaison entre les *ct* et les *cj*;

— soit que les écarts types sont grands, ce qui, l'expérience le prouve, caractérise des épontes tendres.

L'ensemble D, *r* nous servira donc comme base d'appréciation de dureté des terrains.

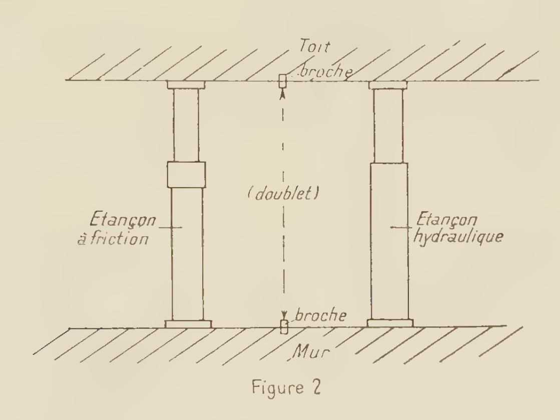


Figure 2

Mais pour caractériser la nature des épontes (toit et mur), il faut à la fois :

1° Donner une dureté « initiale », c'est-à-dire avant toute dégradation;

2° Préciser l'évolution de cette dureté en fonction du temps. En effet, après un certain enfoncement, les épontes peuvent devenir meilleures ou pires, selon qu'on rencontre un banc plus dur ou plus tendre.

Pour ce faire, il suffit de comparer la dureté initiale (qui sera par exemple définie par l'enfoncement pendant les x premières heures) aux duretés mesurées pendant des périodes successives d'égale durée;

3° Différentier les responsabilités du toit et du mur, de manière à savoir si des semelles au mur ou au toit sont utiles. Pour ce faire, on adapte des semelles très larges (400 cm^2) au mur, à certains étançons. Si les semelles améliorent et réduisent presque à zéro l'enfoncement, c'est que le mur est seul coupable. S'il n'y a aucune amélioration, c'est le toit; s'il y en a une incomplète, ce sont les deux. De toute manière, on peut évaluer les deux influences.

Remarque. — Nous avons jusqu'ici, uniquement utilisé des étançons presse, constitués par des étançons hydrauliques. Or, la plupart de nos chantiers sont équipés d'étançons dits à friction dont la courbe caractéristique est très mal définie ([2]). Notre méthode impliquait donc l'emploi d'étançons spéciaux et spécialement introduits en taille. Mais il est alors intéressant de profiter de ces études pour étudier le comportement des étançons employés normalement dans le chantier. Pour ce faire, il suffit de jumeler systématiquement un étançon normal à friction et un étançon

hydraulique. On constitue ainsi des appariements des deux étançons (*fig.* 2) entre lesquels se trouve un doublet de convergence, chaque étançon donnant, pour toute période, un couple de valeurs *ct* (coulissement), *cj* (convergence du doublet intermédiaire).

Pour tenir compte des dispersions de nature géologique, nous avons alors utilisé le schéma d'étude suivant.

A chaque avancement (période unitaire = durée moyenne d'avancement), on étudie quatre nouveaux appariements (de 2 étançons, 1 normal, 1 hydraulique) constitués respectivement par :

(1) { 1 étançon étalon sans semelle, 1 étançon normal sans semelle;

(2) { 1 étançon étalon avec semelle, 1 étançon normal sans semelle;

(3) { 1 étançon étalon avec semelle, 1 étançon normal avec semelle;

(4) { 1 étançon étalon sans semelle, 1 étançon normal avec semelle.

Ces quatre appariements restent chacun une semaine dans la même zone du chantier, puis permutent ensuite, de telle sorte que chaque appariement ait balayé les quatre zones et qu'évidemment chaque zone ait reçu les quatre appariements (carré latin).

Les résultats obtenus avec cette méthode feront l'objet d'une publication ultérieure.

(*) Séance du 10 mars 1958.

(1) SCHWARTZ, CAPELA et DUBOIS, *Ind. Min.*, juin 1956, p. 279-306.

(2) SCHWARTZ, *Ind. Min.*, 15 décembre 1953, p. 1114-1156.

HYDRAULIQUE. — *Étude du décollement de la veine dans l'écoulement au-dessus d'un seuil déversant.* Note (*) de M. **FABIEN SANANES**, transmise par M. Léopold Escande.

Détermination d'une charge minimum assurant le décollement de la veine dans l'écoulement au-dessus d'un seuil circulaire.

Dans une Note précédente (1) nous avions déterminé les caractéristiques de l'écoulement au-dessus d'un seuil circulaire à fente aspiratrice, à parements plans en considérant une loi de variation du rayon de courbure des filets liquides dans la section verticale de crête de la forme

$$\rho_z = R + nz,$$

ρ_z, projection du rayon de courbure sur la verticale;
R, rayon du seuil;
z, distance verticale du filet à la crête du seuil,

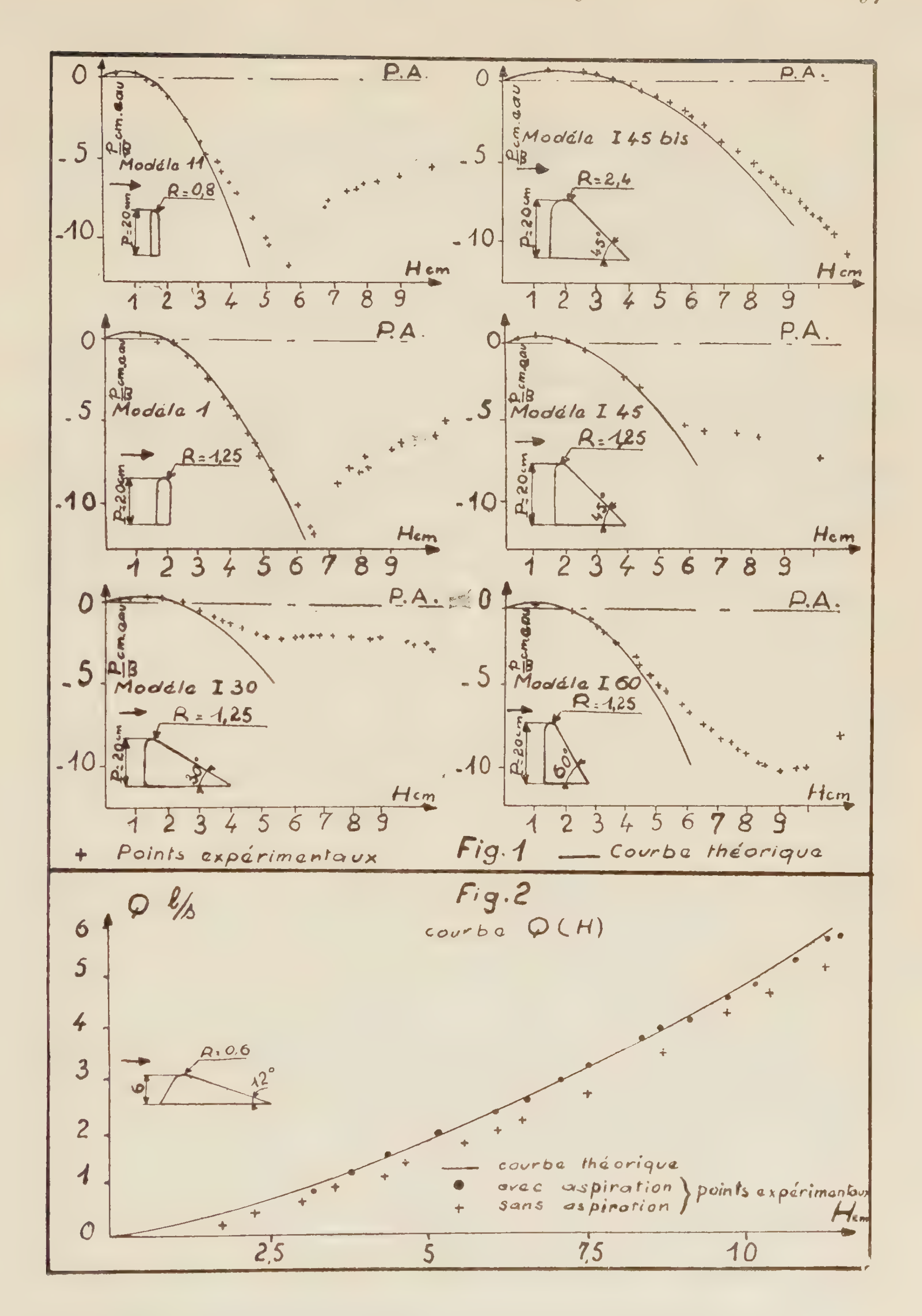

P.A.
Modèle 11
R = 0,8
P = 20 cm
Modèle I 45 bis
R = 2,4
Modèle 1
R = 1,25
Modèle I 45
R = 1,25
Modèle I 30
R = 1,25
Modèle I 60
R = 1,25
H cm
+ Points expérimentaux
— Courbe théorique
Q l/s
courbe Q(H)
R = 0.6
12°
courbe théorique
avec aspiration
sans aspiration
points expérimentaux

Fig. 1

Fig. 2

et nous avions trouvé pour n la relation :

$$n = 1,6 + 0,35 \operatorname{cotg} \theta,$$

θ, inclinaison du parement aval sur l'horizontale.

Nous avons alors $m = [\sqrt{1-K}/(n-1)](\lambda + nk)^{1/n}[(\lambda + nK)^{1-(1/n)} - \lambda^{1-(1/n)}]$ avec $K = h_c/H = 0,7$ et $\lambda = R/H$.

Nous pouvons aussi connaître la valeur de la dépression existant en crête d'un seuil au moyen de la formule

$$\frac{P}{\varpi} = H\left[1 - 0,3\left(1 + \frac{nK}{\lambda}\right)^{\frac{2}{n}}\right] \qquad \text{avec} \quad \lambda = \frac{R}{H}.$$

Cependant ces considérations tombent en défaut lorsque les filets liquides ne suivent plus la forme du seuil.

Or, l'observation photographique, en faisant croître la charge, montre que l'écoulement épouse tout d'abord la forme du seuil. Puis à partir d'une valeur limite de la charge H_0 la veine à grande vitesse est séparée du seuil par une zone de remous. Cette valeur de H_0 constitue donc la limite d'application des formules empiriques établies. Nous allons déterminer ces variations en fonction des caractéristiques géométriques du seuil : rayon en crête R et inclinaison θ du parement aval sur l'horizontale.

Nous avons effectué une série de mesures sur différents modèles de seuil dont les caractéristiques sont données sur la figure 1. Nous constatons que les valeurs expérimentales de la dépression suivent parfaitement, pour les faibles valeurs de la charge, les courbes théoriques déterminées avec les caractéristiques de chacun des seuils : les filets épousent alors la forme du seuil et dans ce domaine de variation de la charge les considérations développées pour les seuils à fente aspiratrice sont valables pour tous les autres seuils.

Lorsque la valeur de la charge atteint et dépasse la valeur H_0 la dépression expérimentale devient plus faible que celle déterminée théoriquement en raison de l'apparition du décollement. Il est donc aisé de déterminer H_0. De ces premiers résultats nous en déduisons que $\lambda_0 = R/H_0$ est indépendant de la valeur du rayon R du seuil.

Dautres séries de mesures nous ont permis de déterminer l'influence de l'inclinaison θ du parement aval. Les caractéristiques des seuils étudiés et les résultats des mesures sont représentés sur la figure 1.

Nous en déduisons une relation empirique

$$\lambda_0 = 0,245 + 0,1 \operatorname{cotg} \theta$$

et comme n est aussi fonction de θ nous trouvons

$$\lambda_0 = 0,286 n - 0,211.$$

Pour un seuil Creager nous avons pu étudier les caractéristiques de l'écou-

lement en choisissant $n = 1,8$ et un rayon en crête R_c lié à la charge de définition du seuil par la relation

$$\frac{R_c}{H_d} = 0,65.$$

Dans ces conditions le décollement ne peut intervenir sur un seuil Creager que pour la valeur de $\lambda_0 = 0,305$ qui correspond à une charge

$$H_0 = \frac{R_c}{\lambda_0} = \frac{0,65\,H_d}{0,305} = 2,1\,H_d.$$

C'est bien ce qu'ont montré les expériences de M. Escande sur les seuils Creager déprimés ([2]).

Enfin, sur un seuil très peu incliné $\theta = 12^\circ$ nous avons pu vérifier que le décollement intervient pour de très faibles charges : $H = 0,8$ cm pour $R = 0,6$ cm, ce qui correspond bien à $\lambda_0 = 0,715$. Par contre si grâce au moyen d'une fente aspiratrice nous faisons recoller la lame nous retrouvons les valeurs empiriques du coefficient de débit dans un domaine de variations de H beaucoup plus grand (*fig.* 2).

(*) Séance du 24 mars 1958.

([1]) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1262.

([2]) L. Escande, *Étude d'un seuil Creager déprimé*, Génie civil 1951.

AÉROTHERMIQUE. — *Étude thermique expérimentale de la couche limite dans la zone de transition d'une plaque plane, aux vitesses supersoniques.* Note (*) de M. **Jean-François Dorand**, transmise par M. Joseph Pérès.

L'analyse très fine de la couche limite au voisinage de la plage de transition montre que, d'une part, la zone de transition thermique est plus étendue que la zone de transition dynamique et, d'autre part, que, dans la zone de transition commune, la couche limite thermique est plus épaisse que la couche limite dynamique.

1. Dans une Note précédente ([1]), il a été montré qu'en l'absence du gradient de pression longitudinal, l'écoulement supersonique le long d'une plaque plane présente un décollement de la couche limite dans la zone de transition. Le décollement commence dans la région laminaire, l'épaisseur du fluide « décollé » étant maximum là où, approximativement, débute la transition ; il y a recollement quand la turbulence dans la couche limite est pleinement développée. L'étude thermique fine de la couche limite a permis de lier au phénomène de décollement un certain nombre d'autres observations.

Les expériences ont été faites sur une plaque plane en Plexiglas placée dans un courant d'air supersonique, de nombre de Mach 1,8. Le bord d'attaque de la plaque a une épaisseur de 4.10^{-3} mm.

A la distance $x = 80$ mm du bord d'attaque, la couche limite laminaire est décollée; le recollement est pratiquement réalisé à $x = 120$ mm, après qu'ait été observée une augmentation locale de l'épaisseur de quantité de mouvement. A l'abscisse $x = 145$ mm, le profil des vitesses à la traversée de la couche limite est un profil turbulent caractéristique.

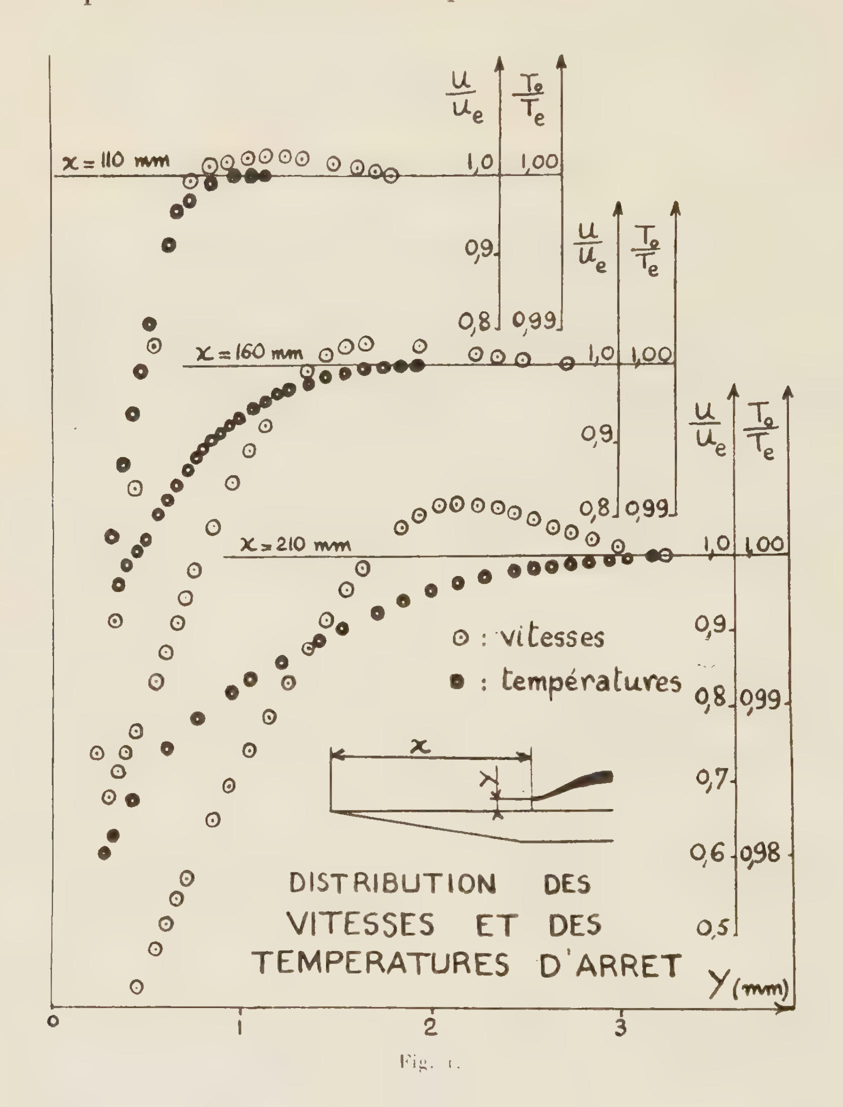


Fig. 1.

2. Des thermocouples donnent la température de frottement T_f que prend la paroi aux abscisses $x_1 = 110$ mm et $x_2 = 185$ mm. A la distance $x_1 = 110$ mm, la valeur du facteur thermique pariétal $r = (T_f - T_e)/(T_{0e} - T_e)$ est de 1 % supérieure à la valeur observée dans la plage turbulente : le facteur thermique pariétal évolue de 0,85 dans la zone laminaire à 0,88 dans la zone turbulente, en passant par un maximum de 0,89. Ceci a déjà été constaté. Nous remarquons de plus que ce maximum se situe dans le voisinage du recollement; il se

justifie parfaitement par l'existence de la faible zone tourbillonnaire qui le précède.

3. La sonde thermique qui permet l'exploration de la couche limite est constituée par un thermocouple; son extrémité est cylindrique (diamètre 0,2 mm). On déduit la température d'arrêt de son indication après étalonnage. Les courbes qui donnent le rapport de la température d'arrêt locale T_0 à la température d'arrêt T_{0e} à l'extérieur de la couche limite (*fig.* 1) montrent que le maximum de ce rapport a sa valeur la plus faible quand le facteur ther-

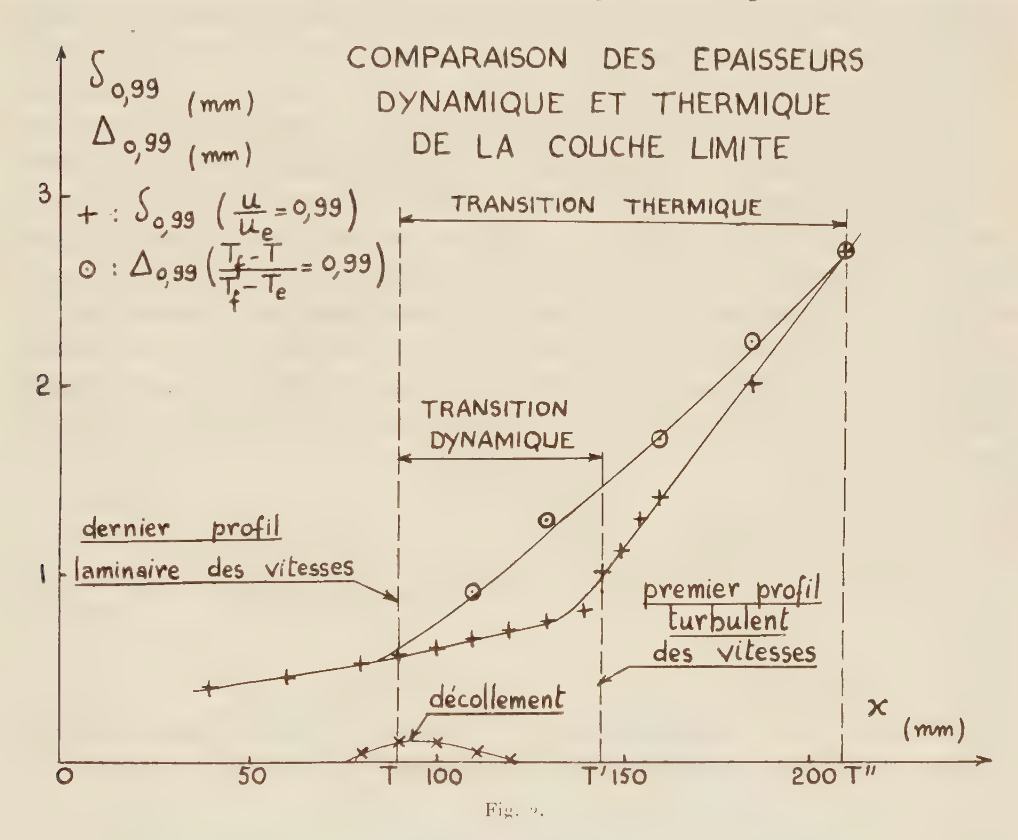


Fig. 2.

mique pariétal est le plus élevé. Il est de 1,013 dans la couche limite laminaire, de 1,002 dans la région du recollement, à $x = 110$ mm et de 1,0035 en pleine plage turbulente, à $x = 210$ mm. Ce résultat s'explique par le fait que l'énergie totale spécifique moyenne du fluide qui traverse une section de la couche limite est constante et égale à celle du courant libre :

$$C_p T_{0e} = \frac{u_e^2}{2} + C_p T_e.$$

4. Les profils laminaires des vitesses et des températures commencent à se déformer à partir d'un même point $T(x_T = 90$ mm) qui définit le début de la transition. Jusqu'à ce point les variations de vitesse et de température s'étendent

jusqu'à une même distance de la paroi : on dit que les couches limites dynamique et thermique ont même épaisseur. Il n'en est plus de même à partir du point T; en particulier, au point d'abscisse $x = 110$ mm, le maximum de T_0/T_{0e} apparaît à une distance supérieure à celle qui définit l'épaisseur géométrique conventionnelle $\delta_{0,99}$ de la couche limite dynamique (*fig.* 1).

En même temps, les profils de vitesse u/u_e et de température $(T_f - T)/(T_f - T_e)$ deviennent tout à fait différents. La distribution des températures est plus affectée que la distribution des vitesses, peu sensible à l'influence de la chaleur dissipée dans la zone tourbillonnaire. Ainsi, dans la zone de transition, l'analogie de Reynolds n'est plus vérifiée. C'est ce qui paraît résulter d'un certain nombre de calculs analytiques ([2]).

5. Si l'on trace les courbes donnant les épaisseurs géométriques conventionnelles $\delta_{0,99}$ et $\Delta_{0,99}$ de couche limite, on obtient la figure 2 : les épaisseurs dynamique et thermique de la couche limite ne redeviennent égales qu'en un point T'' ($x = 210$ mm), lorsque le profil des températures devient le profil turbulent. Le point T'' est beaucoup plus éloigné du point T que ne l'est le point T' ($x = 145$ mm) où le profil turbulent des vitesses est déjà observé.

En abrégé, nous dirons que la zone de transition thermique est plus étendue que la zone de transition dynamique. L'analogie de Reynolds ne redevient valable qu'à une certaine distance du point qui marque la fin de la transition dynamique.

(*) Séance du 24 mars 1958.

([1]) Ed. A. Brun, J. F. Dorand et M. Plan, *Comptes rendus*, 245, 1957, p. 1507.

([2]) A. N. Tifford, *Readers' Forum*, *Journal of the Aeronautical Sciences*, 18, n° 9, p. 284-285.

ASTRONOMIE. — *Une nouvelle méthode de réduction des observations de hauteurs égales.* Note de M. **André Gougenheim**, présentée par M. André Danjon.

L'équation des hauteurs égales peut être rendue linéaire en fonction de combinaisons des inconnues, sans emploi d'une solution approchée. On peut donc traiter par les moindres carrés le système surabondant des équationsd'observation; les calculs doivent être effectués avec un nombre relativement élevé de chiffres significatifs, ce qui n'est plus prohibitif grâce aux progrès des machines à calculer.

1. *Méthode des hauteurs égales.* — L'observation des instants de passage d'étoiles à une même hauteur, faite généralement à l'aide d'instruments spécialement conçus dont l'astrolabe à prisme est le plus répandu, est utilisée pour la détermination précise des positions géographiques.

Le problème comporte trois inconnues, car aux coordonnées de la station il vient s'ajouter une inconnue complémentaire qui est la hauteur instrumentale d'observation.

Pour affranchir les résultats des erreurs accidentelles affectant les mesures et les données on effectue toujours beaucoup plus d'observations que les trois qui sont théoriquement nécessaires pour déterminer les inconnues et le système des équations d'observation est largement surabondant.

2. *Méthode de résolution par l'emploi d'une solution approchée.* — La méthode adoptée jusqu'à présent pour résoudre ce système consiste à faire choix d'une solution suffisamment voisine de la solution cherchée pour qu'on puisse négliger les carrés et les produits des différences entre les valeurs approchées des inconnues et les valeurs cherchées, et à prendre ces différences comme nouvelles inconnues. Le changement de variables s'effectue par une simple différentiation de l'équation d'observation qui devient ainsi linéaire par rapport aux nouvelles inconnues.

Celles-ci étant petites, il n'est pas nécessaire de connaître leurs coefficients avec beaucoup de précision, et l'on peut se contenter de deux ou trois chiffres significatifs. Seul le second membre doit être calculé avec soin, car il représente la différence entre un élément déduit de l'observation et la valeur de cet élément déduite de la solution approchée, l'opération consiste pour chaque étoile observée à résoudre un triangle sphérique par un calcul à six ou sept chiffres significatifs.

Le système linéaire surabondant obtenu est alors traité par la méthode des moindres carrés ou par une méthode graphique dans laquelle les observations sont représentées sur un graphique à grande échelle par des droites enveloppant sensiblement une circonférence dont les coordonnées du centre fournissent les inconnues de position et dont le rayon conduit à la hauteur d'observation.

3. *Méthode directe de résolution.* — La méthode précédente s'impose lorsque l'équation d'observation fournie par la trigonométrie sphérique n'est pas linéaire en fonction des inconnues ou de combinaisons des inconnues, mais nous allons voir précisément que, dans le cas des observations de hauteurs égales, l'équation initiale d'observation peut être rendue linéaire sans recourir à l'artifice d'une solution approchée, de sorte qu'on peut appliquer la méthode des moindres carrés au système des équations d'observation originales. Cependant, comme les inconnues ne sont plus des corrections à des valeurs approchées, mais des combinaisons des inconnues du problème, il est nécessaire pour les déterminer avec une faible erreur relative de conserver six ou sept chiffres significatifs à leurs coefficients, tant dans les équations d'observation que dans les équations normales.

Le calcul des moindres carrés, naguère encore très laborieux dans ces conditions, est actuellement aisé et rapide, grâce aux progrès des machines à calculer. Il permet d'arriver directement au résultat en évitant de rechercher une solution approchée, puis de résoudre les triangles sphériques

en vue d'obtenir les seconds membres des équations d'observation rendues linéaires.

4. *Forme linéaire de l'équation d'observation.* — Les données du problème sont la déclinaison δ de l'astre et son angle horaire H rapporté au méridien international. Les inconnues sont d'autre part la latitude φ de la station, sa longitude Ouest G et la hauteur d'observation h.

L'équation d'observation s'écrit alors :

$$\sin h = \sin\varphi \sin\delta + \cos\varphi \cos\delta \cos(\mathrm{H} - \mathrm{G})$$

ou encore

$$\frac{\cos\varphi \cos\mathrm{G}}{\sin h} \cos\delta \cos\mathrm{H} + \frac{\cos\varphi \sin\mathrm{G}}{\sin h} \cos\delta \sin\mathrm{H} + \frac{\sin\varphi}{\sin h} \sin\delta = 1.$$

En introduisant les trois nouvelles inconnues

$$\mathrm{X} = \frac{\cos\varphi \cos\mathrm{G}}{\sin h}, \qquad \mathrm{Y} = \frac{\cos\varphi \sin\mathrm{G}}{\sin h}, \qquad \mathrm{Z} = \frac{\sin\varphi}{\sin h},$$

l'équation d'observation prend la forme linéaire

$$\mathrm{X} \cos\delta \cos\mathrm{H} + \mathrm{Y} \cos\delta \sin\mathrm{H} + \mathrm{Z} \sin\delta = 1$$

qui se prête à la résolution directe par la méthode des moindres carrés.

Les coordonnées de la station et la hauteur d'observation s'obtiennent ensuite par

$$\operatorname{tg}\mathrm{G} = \frac{\mathrm{Y}}{\mathrm{X}}, \qquad \operatorname{tg}\varphi = \frac{\mathrm{Z}}{\mathrm{X}} \cos\mathrm{G}. \qquad \sin h = \frac{1}{\mathrm{Z}} \sin\varphi.$$

5. *Interprétation des résidus.* — Il est facile de voir que les résidus R obtenus en substituant la solution dans les équations d'observation en X, Y, Z représentent les quantités $(h_1 - h) \cot h$ dans lesquelles h_1 désigne la hauteur d'observation déduite de l'instant de passage observé et de la position de la station. La différence $h_1 - h$ exprime donc l'écart qui existerait sur le graphique usuel entre la droite de hauteur relative à l'observation et le cercle enveloppe des droites de hauteur.

En secondes de degré $h_1 - h = \mathrm{R} \operatorname{tg} h / \sin 1''$, soit $3{,}57.10^5$ R pour l'astrolabe à prisme.

6. *Influence des variations de la réfraction.* — Si l'on constate d'après les conditions météorologiques que la réfraction astronomique a varié au cours de la série d'observations, il est aisé d'en tenir compte.

On prend en effet comme inconnue h la hauteur d'observation à un instant donné, l'instant moyen de la série par exemple, et l'on désigne par $h + \Delta h$ la hauteur à l'instant d'une observation. Comme Δh est très petit, on peut écrire, en exprimant Δh en secondes de degré

$$\sin(h + \Delta h) = \sin h (1 + \Delta h \cot h \sin 1''),$$

de sorte que le second membre de l'équation d'observation ne doit plus

être pris égal à 1 mais à $1 + \Delta h \cot h \sin 1''$. Par exemple, pour les observations à l'astrolabe à prisme, il s'écrit $1 + 0{,}0000028\,\Delta h$.

7. *Exemple.* — Nous donnons ci-dessous, pour une série d'observations de 12 étoiles effectuée à l'aide d'un astrolabe à prisme SOM type géodésique, la comparaison entre les résultats fournis par la méthode directe que nous avons indiquée, et par la méthode usuelle recourant à une solution approchée, le calcul étant fait avec sept chiffres significatifs dans les deux cas :

	Latitude.	Longitude.	Hauteur d'observation.
Méthode directe	12° 34′ 14″,6	1h 6m 57s,87	59° 59′ 29″,8
Méthode usuelle	12° 34′ 14″,6	1h 6m 57s,86	59° 59′ 29″,7

En ce qui concerne les résidus on trouve les valeurs suivantes pour $h_1 - h$ (en secondes), l'azimut Z d'observation étant donné en outre à titre indicatif

Méthode directe.	Méthode usuelle.	Azimut (en degrés).	Méthode directe.	Méthode usuelle.	Azimut (en degrés).
− 0,4	− 0,25	87,6	+ 1,6	+ 1,7	200,7
− 0,7	− 0,6	89,6	+ 2,25	+ 2,4	26,7
− 0,5	− 0,4	120,2	− 0,2	− 0,3	236,3
− 0,4	− 0,2	67,1	+ 0,4	+ 0,4	342,1
− 0,2	− 0,2	306,4	− 0,6	− 0,7	262,1
− 0,9	− 1,0	44,1	− 0,9	− 0,9	299,1

8. *Solution déjà proposée.* — La possibilité de traiter directement, à l'aide d'une machine à calculer les observations à l'astrolabe à prisme a été signalée dès 1954 par un hydrographe des États-Unis d'Amérique [1]. Mais l'auteur de cette proposition déduit la forme linéaire de l'équation d'observation de la projection stéréographique du cercle de hauteur observée, sur le plan de l'équateur, ce qui entraîne des complications dans la forme des nouvelles inconnues et de leurs coefficients et qui rend difficiles la prise en considération des variations de la réfraction, ainsi que l'interprétation des résidus.

[1] Al. H. Kerrick, *Revue Hydrographique Internationale*, 31, n° 2, novembre 1954.

MAGNÉTISME. — *Les couches minces ferromagnétiques. Propriétés magnétiques déduites des études de conductibilité des couches minces de Nickel.* Note (*) de MM. **Antoine Colombani** et **Guy Goureaux**, transmise par M. Gustave Ribaud.

Nous avons précédemment indiqué les résultats expérimentaux auxquels nous a conduit l'étude de la conductibilité des couches minces de nickel [1]. Ainsi, le faisceau de courbes (*fig.* 1) qui donne les variations du coefficient de

température de la résistance électrique en fonction de la température pour différentes épaisseurs montre une chute rapide du point de Curie ferromagnétique T_f lorsque l'épaisseur devient inférieure à 220 Å.

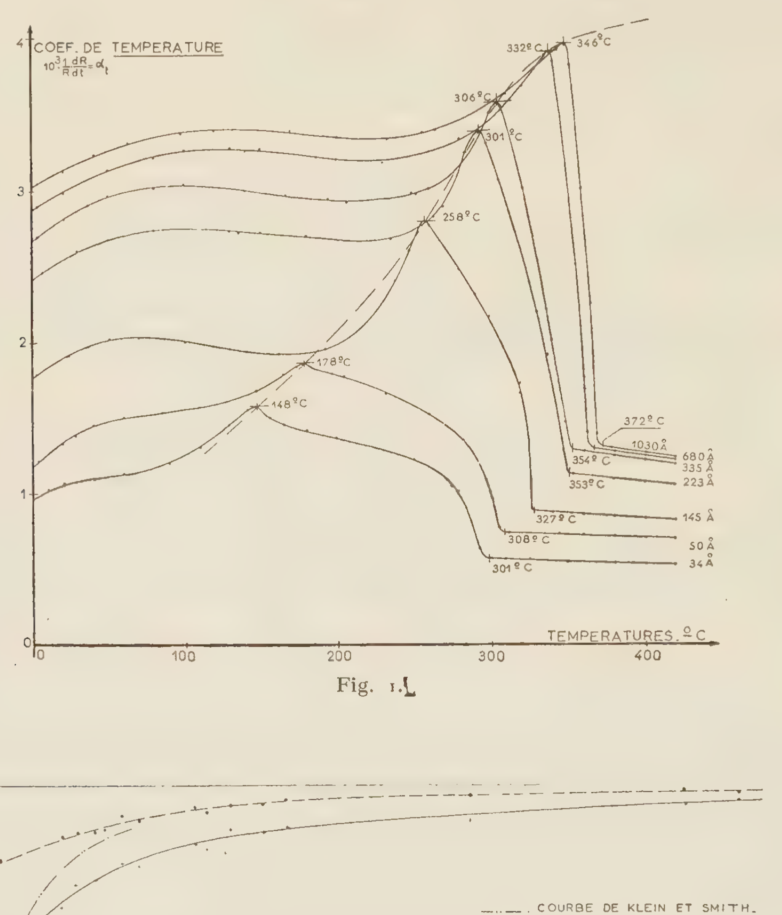


Fig. 1.

Fig. 2.

On peut tracer en fonction de l'épaisseur la variation du rapport T_f/θ_f (θ_f = 631°K du nickel usuel). La courbe obtenue (*fig.* 2) a l'allure des courbes théo-

riques de Klein et Smith [2] et de Valenta [3] (sous réseaux magnétiques de M. Néel). Aux faibles épaisseurs (< 100 Å) la concordance est bonne mais notre courbe expérimentale atteint moins rapidement son palier que la courbe

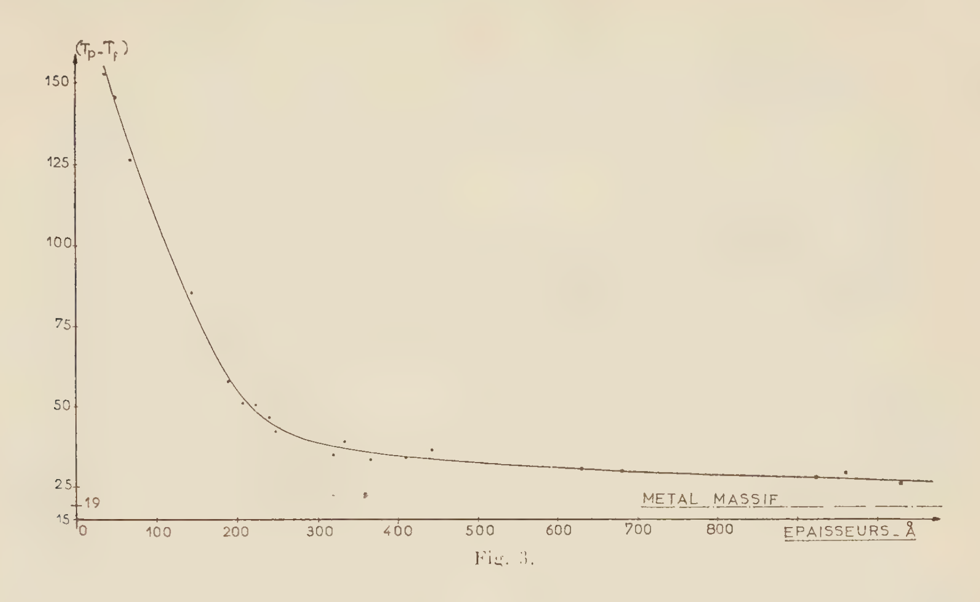


Fig. 3.

théorique aux fortes épaisseurs. Toujours est-il qu'au dessous de 200 Å le point de Curie T_f subit une chute rapide en même temps que croît la résistivité. Par contre, le rapport des températures de Curie paramagnétiques T_p/θ_p ($\theta_p = 651$ °K pour le nickel usuel) varie fort peu avec l'épaisseur des lames au-dessus de 40 Å.

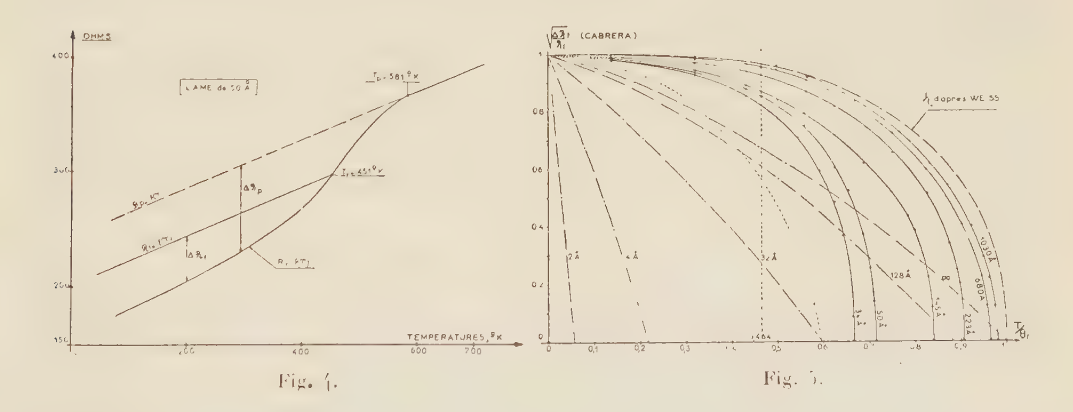


Fig. 4. Fig. 5.

La différence $\theta_p - \theta_f$ (*fig.* 3) qui détermine le nombre N de porteurs dans chaque groupe d'atomes décroit lorsque croit N, c'est-à-dire quand l'épaisseur augmente. Les fluctuations augmentent ainsi aux faibles épaisseurs, alors qu'on tend vers un champ de Weiss aux épaisseurs élevées.

A partir de la théorie de Cabrera [4] qui pose $(R - \mathcal{R})/\mathcal{R} = A(I/I_0)^2$ où R est la résistance mesurée, $\mathcal{R}$ la partie indépendante de l'aimantation, A une

constante. I et I_o les aimantations spontanées aux températures T°K et T = 0°K, nous avons déduit I/I_o à partir des courbes d'évolution thermique de la résistivité en appliquant cette formule aux points T_f et T_p (*fig.* 4). Les résultats obtenus en fonction de T/θ_f (courbes continues) sont indiqués sur les figures 5 et 6. Nous y avons adjoint la courbe de Weiss : $I/I_o = f(T/\theta_f)$, et les courbes théoriques de Klein et Smith.

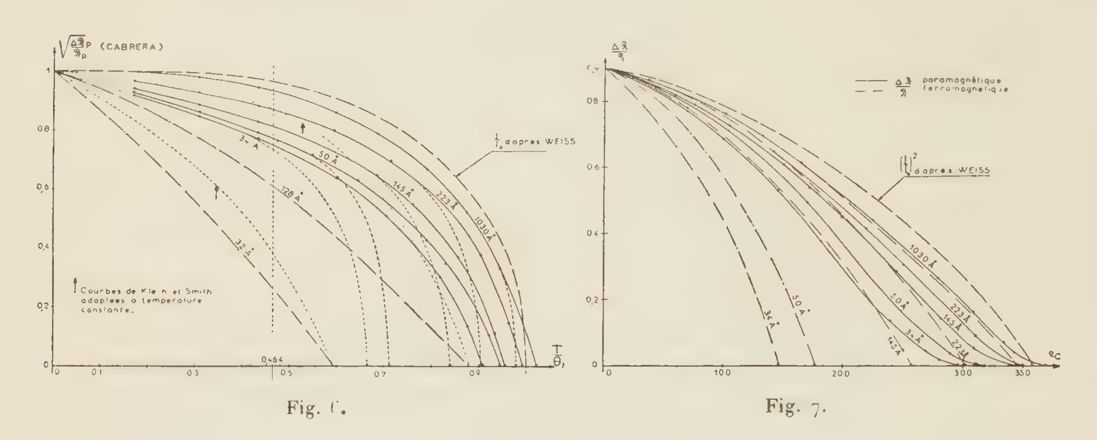


Fig. 6.

Fig. 7.

Aux fortes épaisseurs (1030 Å) les courbes expérimentales tendent très convenablement vers la courbe de Weiss (épaisseur infinie). De plus, toutes les courbes atteignent l'axe des abscisses perpendiculairement aux points de Curie ferromagnétiques et obliquement aux points de Curie paramagnétiques (*fig* 6). Enfin, la chute d'aimantation spontanée à la température ambiante ($T/\theta_f = 0,464$) est très rapide au dessous de 220 Å, mais il y a cependant encore ferromagnétisme à 34 Å).

Sur la figure 5, nous avons « adapté » suivant Drigo (³) les courbes de Klein et Smith à aimantation constante. Comme il faut s'y attendre de la part d'une théorie qui n'est valable qu'à très basse température, les points de Curie qu'elle indique sont peu exacts bien que l'allure des courbes rappelle celle de nos courbes expérimentales.

Enfin sur la figure 7, nous avons groupé la courbe de Weiss $(I/I_0)^2$ et celles qui traduisent nos résultats en fonction de la température centigrade pour le ferromagnétisme et le paramagnétisme. Les courbes obtenues comparées à celles de Weiss sont très plausibles.

Cet ensemble de faits nous permet aussi d'admettre que sur la figure 2, notre courbe expérimentale est bien plus proche de la vérité que celle déduite de la théorie.

(*) Séance du 17 mars 1958.

(¹) G. Goureaux et A. Colombani, *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 741.

(²) Klein et Smith, *Phys. Rev.*, 81, 2d série, Février 1951.

(³) Valenta, *Czechosl. J. Phys.*, 7, 1957, p. 127-132.

(4) B. Cabrera et Torroja, *Ann. Soc. Esp. Fis. Quim.*, 11, 1913, p. 443-525; B. Cabrera, *Le Magnétisme*, C. N. R. S., 1940.

(5) Drigo, *Nuovo Cimento*, 8, 1951, p. 498.

(6) Crittenden, *Colloque international d'Alger*, C. N. R. S., 1955.

OPTIQUE CORPUSCULAIRE. — *Utilisation en microscopie électronique d'un doublet à focalisation forte.* Note de M. **Albert Septier**, présentée par M. Louis de Broglie.

On peut calculer de façon approchée les éléments cardinaux d'une lentille quadrupolaire en substituant aux répartitions réelles du champ sur des parallèles à l'axe Oz des rectangles de hauteur E_0 (champ au centre) et de longueur l (longueur efficace). Un doublet formé de deux lentilles *identiques* croisées est schématisé sur la figure 1; L représente l'écartement des lentilles fictives remplaçant les lentilles réelles, et S le plan de sortie de la deuxième lentille. Chacune d'elles peut être caractérisée par le facteur $\beta l = (l/a)(\Phi_1/\Phi_0)^{1/2}$ où a est le rayon du cercle de gorge, Φ_0 le potentiel accélérateur; les paires d'électrodes opposées sont portées à une tension $\pm\Phi_1$.

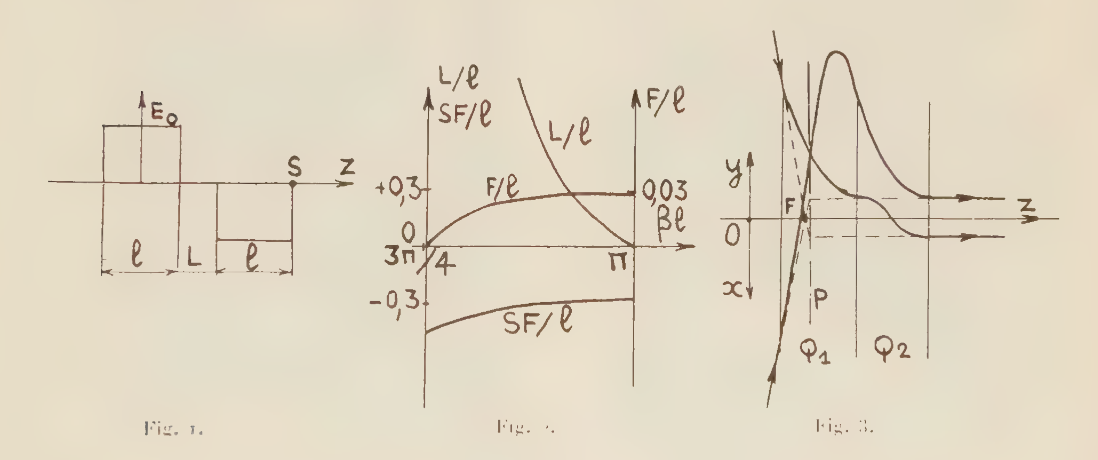


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

Dans le cas général, si βl est le même pour les deux lentilles, la distance focale est identique dans les deux plans de symétrie radiaux Ox et Oy traversant les pôles, et les foyers ont des positions différentes; mais pour certaines valeurs de (βl), *le doublet est équivalent à un système de révolution :* les deux foyers F_x et F_y sont confondus. On doit alors avoir les relations

$$(\beta l) \quad \frac{2}{\cot\beta l + \coth\beta l} \qquad \text{et} \qquad L \geq 0$$

qui sont satisfaites pour $\alpha_k \leq \beta l \leq k\pi$ avec $\alpha_k \# (\pi/4)(3+4k)$.

La figure 2 donne les variations de L/l, F/l et SF/l dans le premier domaine

$\alpha_0 \leq \beta l \leq \pi$. Le cas $L = 0$, réalisable puisque l est supérieure à la longueur mécanique, conduirait à $F/l \simeq 0{,}03$ et $SF/l \simeq -0{,}3$. La figure 3 montre la variation des éléments cardinaux du doublet en fonction de βl lorsque $L = 0$; les foyers coïncident bien pour $\beta l = \pi$; les trajectoires correspondant à des

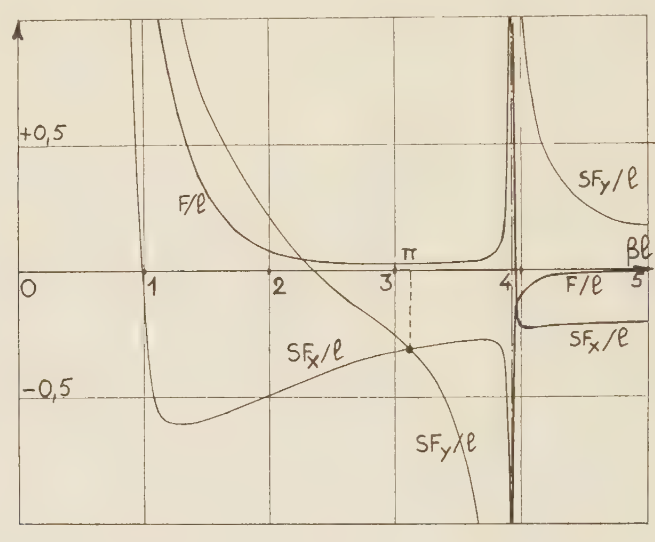


Fig. 4.

rayons émergents parallèles à l'axe sont schématisées sur la figure 4. Les foyers, définis à partir des trajectoire extérieures à la lentille, sont situés à l'intérieur du doublet; le système ne pourra donc être utilisé dans ces conditions que comme lentille de projection. D'autre part, les foyers réels immergés sont différents dans les plans Ox et Oy.

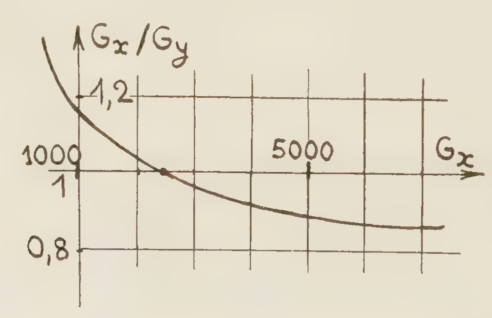


Fig. 5.

Nous avons vérifié cette possibilité d'utilisation d'un doublet à l'aide de deux lentilles ayant les caractéristiques suivantes : $l = 37{,}5$ mm, $L = 0$, $a = 4$ mm; le doublet est précédé d'un objectif classique donnant de l'objet une image

agrandie 25 fois dans le plan focal objet du doublet. Pour simplifier l'alimentation électrique dans les expériences préliminaires, les électrodes sont portées à des tensions o et $2\Phi_1$, cette dernière étant obtenue à partir de Φ_0 sur un diviseur de tension. L'écran fluorescent est à 250 mm de la sortie du doublet. Par variation de Φ_1, on obtient une image de bonne qualité, avec un grandissement variant dans de très larges limites; les grandissements suivant Ox et Oy sont égaux pour $G \# 2500$, soit $F \# 2,5$ mm, mais le rapport G_x/G_y mesuré reste très proche de 1 lorsque G_x varie de 1 000 à 7 500 (*fig.* 5) ce qui correspond à 8 mm $\leq F \leq 1$ mm, pour $0,05 \leq \Phi_1/\Phi_0 \leq 0,12$. Pour des excitations plus fortes, l'image se déforme très vite. La figure 6 est une image d'oxyde de molybdène, obtenue en direct à $G_x = 7500$, tandis que la figure 7 correspond sensiblement au système de révolution. Les valeurs de F obtenues ici sont plus fortes que celles fournies par le calcul approché; on pourra les diminuer en réduisant l.

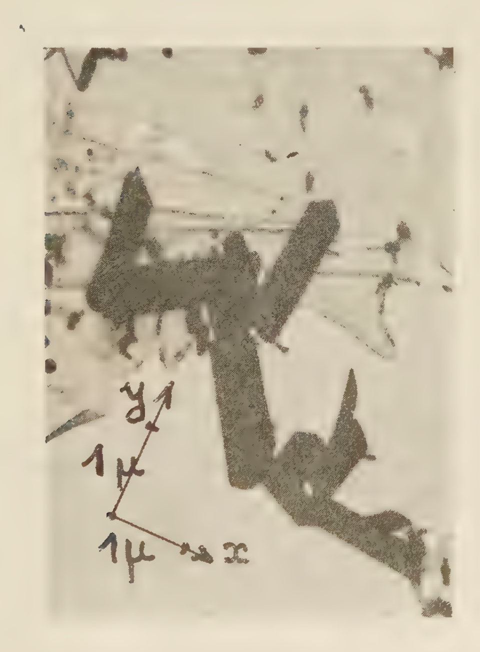



Fig. 6.

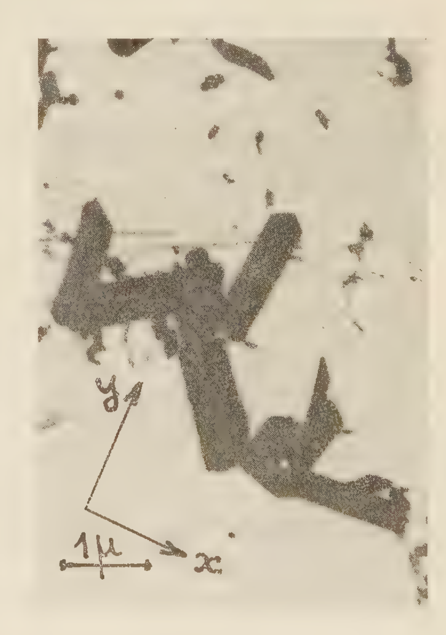


Fig. 7.

En conclusion, *pour des tensions de fonctionnement très faibles*, de l'ordre du dixième de la tension d'accélération, on a pu obtenir des images à fort grandissement comparables à celles des lentilles classiques (qui nécessitent des tensions d'excitation de l'ordre de Φ_0). Tous ces résultats peuvent se transposer au cas magnétique, avec un gain appréciable sur le nombre d'ampères-tours magnétisants.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Fonction potentielle cubique de vibration de l'eau en coordonnées des forces de valence.* Note (*) de M. **Itaru Gamo**, transmise par M. Jean Cabannes.

En employant les coefficients de la fonction en coordonnées normales déterminés par Dennison (tableau I), on a calculé les valeurs de ces coefficients en coordonnées des forces de valence.

Dans ce système, on a les expressions suivantes pour l'eau :

$$
\begin{aligned}
(1)\qquad V_1 = {} & K_3\{(\Delta r_1)^3 + (\Delta r_2)^3\} + H_3(r\Delta\theta)^3 \\
& + L_3\{(\Delta r_1)^2(\Delta r_2) + (\Delta r_1)(\Delta r_2)^2\} \\
& + M_3\{(\Delta r_1)^2 + (\Delta r_2)^2\}(r\Delta\theta) \\
& + N_3\{(\Delta r_1) + (\Delta r_2)\}(r\Delta\theta)^2 \\
& + P_3(\Delta r_1)(\Delta r_2)(r\Delta\theta)
\end{aligned}
$$

où Δr_1, Δr_2 et $\Delta\theta$ sont les variations des distances O — H et de l'angle H — Ô — H à partir de la position d'équilibre; r est la distance d'équilibre O — H.

Si l'on écrit suivant Dennison [1] ce potentiel en coordonnées normales, on a

$$(2)\qquad \frac{V_1}{hc} = \alpha_1 X_3 + \alpha_2 X_3 + \alpha_3 X_1^2 X_2 + \alpha_4 X_1 X_2^2 + \alpha_5 X_1 X_3^2 + \alpha_6 X_2 X_3^2,$$

où

$$X_i = 2\hbar\left[\omega_i \frac{c}{h}\right]^{\frac{1}{2}} Q_i \qquad (i = 1, 2, 3),$$

Q_1, Q_2 et Q_3 sont les coordonnées normales de la vibration symétrique de valence, celle symétrique de déformation, et celle antisymétrique de valence, respectivement.

Les autres termes disparaissent dans son calcul [1], qui adopte une perturbation du second ordre.

Les équations de transformation suivantes [2] :

$$
(3)\qquad \begin{cases}
X_1 . 10^{-8} = 7{,}40256\,\Delta S + 0{,}455730\, r\,\Delta\theta, \\
X_2 . 10^{-8} = -0{,}0248547\,\Delta S + 4{,}78638\, r\,\Delta\theta, \\
X_3 . 10^{-8} = \pm(7{,}38567\,\Delta D),
\end{cases}
$$

où

$$\Delta S = \Delta r_1 + \Delta r_2 \qquad \text{et} \qquad \Delta D = \Delta r_1 - \Delta r_2,$$

permettent d'obtenir les valeurs du tableau II. H_3, L_3, M_3, N_3 et P_3, qui représentent les diverses interactions cubiques entre liaison-liaison et entre liaison-angle, ne sont pas entièrement négligeables devant K_3, malgré les valeurs médiocrement approchées des α.

En vue de les comparer à K_3, constante cubique de valence de la liaison

O-H, on a calculé dans le tableau III le produit $-Da^3$ de la fonction de Morse pour H_2O, et celui de OH obtenu par Linnett ([2]). La différence entre ces deux valeurs correspond à l'effet cubique du réarrangement des électrons autour de O et l'interaction entre H...H, produits par l'addition d'un deuxième H au radical OH, à l'approximation de Morse.

La comparaison de $-Da^3$ pour H_2O avec K_3 suggère que, par suite des diverses interactions cubiques, la fonction de Morse est insuffisante pour l'approximation d'ordre proposé ici.

Tableau I.

α_1.	α[illegible].	α[illegible].	α[illegible].	α[illegible].	α[illegible].
322	-47	$+1$	$+216$	-909	$+160$

Tableau II (en 10^{13} dynes/cm²).

K_3.	H_3.	L_3.	M_3.	N_3.	P_3.	
$-9,9$	$-0,1$	$-0,5$	$-0,1$	$+0,7$	$-1,7$	(pour $+\Delta D$) (*)
$-9,9$	$+0,1$	$-0,5$	$-0,2$	$+0,7$	$+1,6$	(pour $-\Delta D$)

(*) *Voir* la troisième équation de transformation.

Tableau III.

	D (erg/mol).	ω_1 (cm⁻¹).	r_e (Å).	$-Da^3$ (dyne/cm²).
OH..............	$8,8282.10^{-12}$	3727,95	0,9710	$-9,54.10^{13}$
H—OH..........	$8,300.10^{-12}$	3825,32	0,958	$-9,17.10^{13}$

Dans ce calcul on a employé les valeurs suivantes :

$$h = 1,985716.10^{-16}\ \text{erg.s}, \qquad c = 2,99776 \times 10^{10}\ \text{cm/s},$$
$$N = 6,0244.10^{23}, \qquad {}^{16}O = 16,0000, \qquad {}^{1}H = 1,008145,$$

(*) Séance du 24 mars 1958.

([1]) B. T. Darling et D. M. Dennison, *Phys. Rev.*, 57, 1940, p. 128; D. M. Dennison, *Rev. Mod. Phys.*, 12, 1940, p. 175.

([2]) Heath et Linnett, *Trans. Faraday Soc.*, 44, 1948, p. 556.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Corrélation β-neutrino pour des noyaux orientés. Cas de neutrons polarisés.* Note (*) de M. **Roger Nataf**, transmise par M. Frédéric Joliot.

On examine le cas des transitions $\Delta J = 0$, en particulier celui du neutron.

2. Transition Fermi + Gamow-Teller J → J. — On peut avoir ici :

a. $M' = J - 1$ par $\int \sigma_X - i\sigma_Y$ de Gamow-Teller;

b. $M' = J$ par $\int \sigma_Z$ de Gamow-Teller et $\int 1$ de Fermi.

En ajoutant les deux probabilités, (*a*) donne (5) modifié par un facteur « de projection » et (*b*) contient un terme d'interférence entre les deux types d'interaction.

Pour le neutron :

$$(6)\quad \left\{\begin{aligned} S &= 3(|C_A|^2+|C_T|^2)+|C_S|^2+|C_V|^2+2\vec{\nu}.\vec{j}\,\{|C_A|^2-|C_T|^2+\mathrm{Re}(C_T^*C_S-C_A^*C_V)\},\\ D &= (|C_T|^2-|C_A|^2+|C_V|^2-|C_S|^2)\,\vec{e}.\vec{\nu}-2\vec{e}.\vec{j}\,\{|C_T|^2+|C_A|^2+\mathrm{Re}(C_T^*C_S+C_AC_V)\}\\ &\quad -2\vec{e}\,(\vec{j}\wedge\vec{\nu})\,\mathrm{Im}(C_T^*C_S-C_A^*C_V). \end{aligned}\right.$$

Cas particulier lorsque $J=1/2$, $\left|\int\vec{\sigma}\right|^2=3$, $\int 1=1$, des expressions générales :

$$(7)\quad \left\{\begin{aligned} S &= \left|\int\vec{\sigma}\right|^2(|C_T|^2+|C_A|^2)+\left|\int 1\right|^2(|C_S|^2+|C_V|^2)\\ &\quad +2\vec{\nu}.\vec{j}\left[\frac{\left|\int\vec{\sigma}\right|^2}{2(J+1)}(|C_A|^2-|C_T|^2)+\sqrt{\frac{J}{J+1}}\left|\int\vec{\sigma}\right|\left|\int 1\right|\mathrm{Re}(C_T^*C_S-C_A^*C_V)\right]\\ D &= \frac{2J-1}{J+1}\left|\int\vec{\sigma}\right|^2(|C_A|^2-|C_T|^2)\left[(\vec{\nu}.\vec{j})(\vec{e}.\vec{j})-\frac{1}{3}\vec{\nu}.\vec{e}\right]\\ &\quad +\left[\frac{1}{3}\left|\int\vec{\sigma}\right|^2(|C_T|^2-|C_A|^2)-\left|\int 1\right|^2(|C_V|^2-|C_S|^2)\right](\vec{\nu}.\vec{e})\\ &\quad -2\vec{e}.\vec{j}\left[\frac{\left|\int\vec{\sigma}\right|^2}{2(J+1)}(|C_A|^2+|C_T|^2)+\sqrt{\frac{J}{J+1}}\left|\int\vec{\sigma}\right|\left|\int 1\right|\mathrm{Re}(C_T^*C_S+C_A^*C_V)\right]\\ &\quad -2\sqrt{\frac{J}{J+1}}\left|\int\vec{\sigma}\right|\left|\int 1\right|\vec{e}(\vec{j}\wedge\vec{\nu})\,\mathrm{Im}(C_T^*C_S-C_A^*C_V) \end{aligned}\right.$$

(7) est d'ailleurs en accord avec les expressions générales de ([13]) quand on tient compte de (2) et qu'on prend $\langle\vec{J}\rangle=\vec{j}J$ (orientation complète). La somme sur $d\Omega_\nu$ conduit encore aux résultats de ([1]).

a. Asymétrie des β émis. — Quand on somme (6) sur $d\Omega_\nu$, le terme en $\vec{e}.\vec{j}=\cos\Theta$ conduit toujours à une asymétrie. En posant

$$\frac{G^2}{4}=|C_A|^2+|C_T|^2=|C_S|^2+|C_V|^2,$$

de sorte que

$$G^2=\sum_X(|C_X|^2+|C'_X|^2)\qquad(X=V,A,S,T);$$

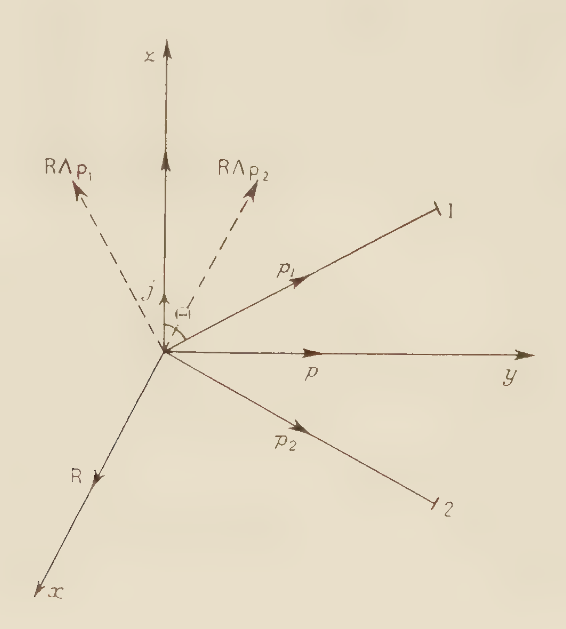
$$(8)\quad N(W,\Theta)\,dW\,d\Omega_e=W\,pq^2\,dW\,\frac{d\Omega_e}{2\pi^4}\,G^2\left\{1-\frac{p}{W}\left[\frac{1}{2}+\frac{2\,\mathrm{Re}(C_T^*C_S+C_A^*C_V)}{G^2}\right]\cos\Theta\right\}.$$

L'expérience a été faite à Argonne ([14]) sur un pinceau de neutrons, polarisés par réflexion rasante sur un miroir de Cobalt aimanté, avec successivement les deux sens de l'aimantation.

Alors que le résultat donné dans ([14]) pour la loi $1 - a(p/W)\cos\Theta$ est $a = 0{,}37 \pm 0{,}11$, les auteurs obtiennent le nouveau résultat : $a = 1{,}0 \pm 0{,}5$ ([15]). Si l'on tient compte du résultat de Goldhaber et al. ([16]) montrant que le neutrino émis au cours de la capture K dans ^{152}Eu est *gauche* [ce qui impose l'interaction Gamow-Teller A, à l'exclusion de T (*cf.* Note I)], ce dernier résultat montrerait que l'interaction est $\underline{V + A}$, en accord avec la théorie de Feynman et Gell-Mann ([17]) :

$$2\,\mathrm{Re}\,C_A^* C_V = \frac{G^2}{2} \qquad \text{où} \quad C_A = \frac{G}{2} e^{ia}, \qquad C_V = \sqrt{\frac{G^2}{4} - |C_S|^2}\, e^{iv}$$

conduit bien à $|C_S|^2 = 0$ et $\cos(v - a) = 1$.



b. Terme sensible à la variance par T. — Le dernier terme de D disparaît s'il y a T invariance et les mesures permettant de le mettre en évidence indiqueraient si H est T invariant ou non. Cette possibilité est signalée dans ([13]), avec d'autres, qui disparaissent dans le modèle (2), les termes correspondants s'annulant. Si l'on somme sur $d\Omega_\nu$, ce terme disparaît aussi ; il faut donc observer, au moins approximativement, l'impulsion de recul $\vec{R}$ du proton ([18]) — Remplaçant $\vec{e}$ par $\vec{p}/p$, $\vec{\nu}$ par $\vec{q}/q = -(\vec{p} + \vec{R})/q$, ce terme est en $\vec{j}(\vec{R} \wedge \vec{p})/pq$, où le produit mixte $\vec{j}(\vec{R} \wedge \vec{p})$ est le volume du parallélépipède construit sur ces trois vecteurs, affecté du signe $\pm$ suivant que le trièdre $(\vec{j}, \vec{R}, \vec{p})$ est droit ou gauche. Il est maximum quand ce trièdre est trirectangle (*fig.* 1) :

$$\vec{j}.\vec{p} = \vec{p}.\vec{R} = \vec{R}.\vec{j} = 0.$$

Alors, le terme d'asymétrie en $\vec{j}.\vec{p}$ disparaît et l'on a aussi $\vec{\nu}.\vec{j}=0$:

$$(9)\quad \begin{cases} S=3(|C_A|^2+|C_T|^2)+|C_S|^2+|C_V|^2, \\ D=-\dfrac{p}{q}(|C_T|^2-|C_A|^2+|C_V|^2-|C_S|^2)+2\dfrac{R}{q}\,\mathrm{Im}(C_T^*C_S-C_A^*C_V). \end{cases}$$

Quand on change le sens de la polarisation par renversement du champ magnétique appliqué, le deuxième terme de D dans (9) change de signe. En prenant les nombres de coïncidences $C_{\curlywedge}$, $C_{\curlyvee}$, correspondants entre les électrons et protons de recul :

$$(10)\quad \frac{C_{\curlywedge}-C_{\curlyvee}}{C_{\curlywedge}+C_{\curlyvee}}=\frac{2\left(\int dW\,p^2qR\right)\mathrm{Im}(C_T^*C_S-C_A^*C_V)}{\left\{\int dW\,\{Wpq^2[3(|C_A|^2+|C_T|^2)+|C_S|^2+|C_V|^2] - p^3q(|C_T|^2-|C_A|^2+|C_V|^2-|C_S|^2)\}\right\}},$$

où $R=(q^2-p^2)^{1/2}$, ce qui limite le spectre à l'énergie maxima de 237 keV, alors que $E_0=780$ keV. Ceci correspond cependant à 75 % environ des β émis, et approximativement à la valeur du rapport (10) :

$$0{,}97\,\mathrm{Im}(C_T^*C_S-C_A^*C_V)\{3(|C_A|^2+|C_T|^2)+|C_S|^2+|C_V|^2 - 0{,}32(|C_T|^2-|C_A|^2-|C_V|^2-|C_S|^2)\}^{-1}.$$

En pratique, la direction OX est celle du pinceau de neutrons et l'on pourra compter les électrons en 1 et 2 symétriques par rapport à OX (*fig.* 1). Si les compteurs sont bien identiques, ceci permet d'ajouter les nombres de coïncidences relatives aux impulsions $\vec{p}_1$ et $\vec{p}_2$ telles que $|\vec{p}_1|=|\vec{p}_2|=p$. Comme $\vec{p}_1+\vec{p}_2=2\vec{X}p\sin\Theta$ (*fig.* 1), $\vec{X}$ étant le vecteur unité de OX, les mêmes termes de S et D disparaissent et le rapport (10) est multiplié par $\sin\Theta$.

On pourra effectuer les mesures dans des angles solides assez grands autour de $\vec{p}_1$, $\vec{p}_2$, $\vec{R}$, mais qui limitent tout de même le nombre de coïncidences mesurées déjà petit (0,15 c/mn) dans [14], où les protons de recul sont comptés dans 2π stéradians environ. Avec une telle ouverture, l'effet dû au terme éventuel variant par T pourrait être encore observable (le dispositif expérimental définissant encore une orientation de l'espace), mais le rapport (10) serait fortement diminué, ce qui rend l'expérience délicate.

(*) Séance du 17 mars 1958.

(13) J. D. Jackson, S. B. Treiman et H. W. Wyld, *Phys. Rev.*, 106, 1957, p. 517.

(14) M. T. Burgy, R. J. Epstein, V. E. Krohn, T. B. Novey, S. Raboy, G. R. Ringo et V. L. Telegdi, *Phys. Rev.*, 107, 1957, p. 1731.

(15) Communication à la Conférence de Stanford (décembre 1957) d'après Jancovici.

(16) Goldhaber, Grodzins et Sunyar, Prépublication.

(17) R. P. Feynman et M. Gell-Mann, *Phys. Rev.*, 109, 1958, p. 193.

(18) L'expérience n'est évidemment pas réalisable pour d'autres noyaux que le neutron.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Influence des fluctuations de la perte spécifique d'énergie sur la granulation dans le domaine voisin du minimum d'ionisation.* Note (*) de M. **Max Morand**, Mlle **Marie-Cécile Le Gentil** et Mme **Simone Desprez-Rebaud**, présentée par M. Eugène Darmois.

Détermination théorique de la répartition des sensibilités des cristaux d'AgBr dans les émulsions nucléaires Kodak NT 4, en tenant compte des fluctuations de la perte spécifique d'énergie. Étude particulière du cas où I est voisin de I_0.

Supposons que l'émulsion soit constituée de cristaux sphériques, de même diamètre (2R) et répartis uniformément dans la gélatine. Nous admettrons, d'abord, qu'ils ont tous même sensibilité (1/Q, Q exprimé en eV/cristal). Un calcul analogue à celui fait par Berriman [1], nous donne le nombre N de cristaux, par unité de longueur (μ), rendus développables sous l'effet d'une particule ionisante qui a subi, sur ce trajet, la perte spécifique d'énergie I(eV/μ) :

(1)
$$N = \frac{\pi n}{4}\left(4R^2 - \frac{Q^2}{I^2}\right), \qquad \text{avec} \quad \frac{Q}{I} \leqq 2R,$$

où n est le nombre de cristaux par unité de volume.

L'expression (1) serait valable si I était constant pour une valeur donnée de la vitesse de la particule. En fait, I varie autour d'une valeur moyenne I_m. Landau [2] a étudié, dans le cas des particules rapides, la probabilité de distribution de I autour de la valeur moyenne. Elle est bien représentée par une distribution de Poisson. En tenant compte des fluctuations de I, nous obtenons, pour le nombre $\mathcal{N}$ de cristaux rendus développables :

(2)
$$\mathcal{N} = \pi n R^2 \int_{\frac{Q}{2R}}^{\infty} \frac{e^{-I_m} I_m^I}{I!}\, dI - \frac{\pi n Q^2}{4} \int_{\frac{Q}{2R}}^{\infty} \frac{e^{-I_m} I_m^I}{I^2\, I!}\, dI.$$

L'équation (2) nous permet d'étudier pour une valeur donnée de 2R, la variation de $\mathcal{N}$ en fonction de I_m et ceci, pour différentes valeurs de Q.

Pour pouvoir comparer nos résultats aux données expérimentales, nous avons pris la valeur $2R = 0{,}32\ \mu$, correspondant au diamètre moyen des cristaux mesurés dans les émulsions Kodak NT 4. Sachant qu'ils occupent approximativement 50 % du volume de l'émulsion, nous obtenons pour le nombre n de cristaux par unité de volume

$$n = \frac{\frac{1}{2}}{\frac{4}{3}\pi R^3} \simeq 29 \text{ cristaux par micron}^3.$$

Dans le cas d'un proton, pour des valeurs de la perte spécifique d'énergie

allant du minimum d'ionisation ($I_0 = 0{,}553$ KeV/μ) à l'ionisation $I = 14$ keV/μ, nous avons calculé le nombre de cristaux rendus développables pour différentes valeurs de Q. Pour passer de la perte d'énergie par micron d'émulsion à la perte d'énergie par micron de bromure d'argent, nous avons admis que, dans les émulsions NT 4, la perte d'énergie dans le bromure d'argent est supérieure de 50 % à la perte moyenne d'énergie dans l'émulsion.

Une classe unique de cristaux ayant tous même diamètre et même sensibilité ne permet pas d'obtenir des résultats analogues à ceux trouvés expérimentalement (3). Nous avons donc associé des cristaux de même diamètre, mais ayant des sensibilités différentes. La courbe « densité de grains-perte d'énergie » peut être obtenue à partir de quatre classes de cristaux ayant des sensibilités correspondant à $Q = 144$, $Q = 672$, $Q = 1\,577$ et $Q = 4\,320$ eV/cristal et avec les proportions, 17, 47, 20 et 16 %.

Dans le domaine voisin de $I_0 (0{,}553 \leq I \leq 2$ keV/μ) seuls les cristaux appartenant aux deux premières classes sont rendus développables. Nous avons calculé les valeurs de N correspondantes, d'après l'équation (1). Les résultats sont indiqués dans le tableau :

			I.		
Nombre de grains par 100 μ	0,553.	0,5988.	0,7914.	1.	2.
Courbe expérimentale	22	25	35	42	86,5
$\mathcal{N}$ (avec fluctuations)	22	24,79	37	39,96	88,43
N (sans fluctuations)	27,98	29,70	33,95	36,01	94,64

On voit que les valeurs calculées sans fluctuations ne correspondent pas aux valeurs trouvées expérimentalement. Dans ce domaine d'énergie, il est donc très important de tenir compte des fluctuations de la perte spécifique d'énergie.

(*) Séance du 24 mars 1958.

(1) R. W. Berriman, Congrès de Paris, 1951, p. 326.

(2) L. Landau, *J. Physics*, 8, 1944, p. 201.

(3) R. Brown et al., *Nature*, **163**, 1950, p. 47.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Attribution des bandes d'absorption du groupement méthyle dans la région de* 3000 cm⁻¹. Note (*) de Mlle **Marie-Louise Josien**, MM. **Nelson Fuson**, **Jean Deschamps** et Mlle **Marie-Thérèse Forel**, présentée par M. Paul Pascal.

Pour un groupement méthyle, la théorie prévoit dans la région de 3 000 cm^{-1}, selon que la molécule possède la symétrie C_{3v} ou C_s (C_{1h}), deux ou trois vibrations fondamentales (1) de valence (2). En fait, on trouve habituellement plus de bandes qu'il n'en est prévu (3), (4), (5), (6), (7), (8), (9) et il est manifeste qu'il y a un problème d'attribution (9).

Une étude récente, par spectroscopie infrarouge, de molécules CH_3X et CX_3COOCH_3, étude dont les détails seront publiés ailleurs, jointe à une nouvelle analyse des spectres des molécules aromatiques méthylées ([9]) suggère un ensemble d'attributions qui paraît cohérent.

		ν_a.	ν_s.	$2\delta_a$.	$2\delta_s$.
CH_3CN		2 998	2 940	2 852	2 730
CH_3F		3 003	2 954	2 855	~2 910
CH_3Cl		3 031	2 955	2 859	Non observé
CH_3Br (*)		3 046	2 958	2 840	2 583
CH_3I		3 049	2 956	2 841	2 472
	ν_{a2}.	ν_{a1}.			
CH_3COOCH_3	3 023	2 998	2 954	2 907	2 846
CF_3COOCH_3	3 042	3 013	2 959	2 913	2 860
CCl_3COOCH_3	3 037	3 014	2 959	2 902	2 848
CBr_3COOCH_3	3 034	3 008	2 954	2 890	2 845
$C_6H_5COOCH_3$	3 035	3 005	2 952	2 905	2 845

(*) Fox et Martin ([6]) ont fait la même attribution pour ce composé.

Cas des molécules CH_3X, ($X = F$, Cl, Br, I, CN). — Les spectres de ces molécules en phase vapeur ont déjà fait l'objet de nombreuses études et tous les auteurs ont été conduits aux mêmes attributions fondées sur la structure fine des bandes d'absorption ([10]). Par contre, les spectres de ces composés à l'état dissous n'ont fait l'objet d'aucun examen systématique. La comparaison des spectres permet d'attribuer sans ambiguïté les trois bandes observées à l'état dissous (tableau).

Le rapport entre l'intensité de la bande ν_a et celle de la bande ν_s décroît avec l'électronégativité tandis que le nombre d'onde de la bande ν_a croît.

Cas des molécules CX_3COOCH_3 ($X = H$, F, Cl, Br) *et* $C_6H_5COOCH_3$. — Notre attribution pour les cinq bandes observées dans la région de 3 000 cm^{-1} pour ces composés à l'état dissous est consignée dans le tableau. Cette attribution suppose la levée de dégénérescence de la vibration ν_a par rupture de la symétrie C_{3v} ([11]). Elle est basée en outre sur la comparaison avec les spectres des molécules CH_3X et l'examen des esters à l'état gazeux. Elle s'oppose à celle faite par Nolin et Jones ([5]) pour les esters mais est en accord avec la récente monographie de CH_3COOCH_3 de Wilmshurst ([7]).

Cas des molécules aromatiques méthylées. — La totalité du massif d'absorption se déplace, presque sans déformation vers les basses fréquences et la comparaison de ces spectres avec ceux des esters permet l'attribution suivante des cinq bandes observées :

	ν_{a_2}.	ν_{a_1}.	ν_s.	$2\delta_a$.	$2\delta_s$.
Toluène et neuf toluènes paradisubstitués ([12])	2 979 ± 10	2 952 ± 5	2 925 ± 3	2 865 ± 6	2 736 ± 3
Les deux méthylnaphtalènes et les douze méthylbenzanthracènes ([9])	2 975 ± 5	2 945 ± 5	2 923 ± 5	2 866 ± 5	2 734 ± 5

Ces attributions, vérifiées par une étude du spectre du toluène $C_6H_5CD_3$ [13] sont en accord avec celles faites par Kohlrausch [8] pour les spectres Raman des toluènes parasubstitués, cependant nous ne pensons pas, comme lui qu'il y ait couplage entre ν_s et $2\delta_a$.

Conclusion. — L'ensemble des résultats obtenus pour les molécules CH_3X, CH_3COOCH_3 et $Ar—CH_3$ permet d'utiliser ces attributions pour interpréter les spectres de diverses molécules méthylées et incite à reconsidérer le problème de la résonance de Fermi, invoquée presque toujours pour expliquer la présence et l'intensité de l'harmonique de la vibration de déformation asymétrique $2\delta_a$,

(*) Séance du 24 mars 1958.

(1) Nous noterons : ν_s, ν_a les vibrations de valence symétrique et asymétrique dégénérées; ν_{a1} et ν_{a2} les deux vibrations de valence asymétrique provenant de la levée de dégénérescence de ν_a; $2\delta_s$, $2\delta_a$ les harmoniques des vibrations de déformation symétrique et asymétrique dégénérées.

(2) J. P. Mathieu, *Spectres de vibration et symétrie des molécules et des cristaux*, Hermann et Cie, Paris, 1945, p. 443.

(3) La bibliographie jusqu'en 1954 est donnée par L. J. Bellamy, *The Infrared Spectra of Complex Molecules*, Methuen, Londres, 1954.

(4) H. B. Henbest, G. D. Meakins, B. Nicholls et A. A. Wagland, *J. Chem. Soc.*, 1957, p. 1462.

(5) B. Nolin et R. N. Jones, *Canad. J. Chem.*, 34, 1956, p. 1382, 1392.

(6) J. J. Fox et A. E. Martin, *Proc. Roy. Soc. London*, A, 175, 1940, p. 208.

(7) J. K. Wilmshurst, *J. Mol. Spec.*, 1, 1957, p. 201.

(8) K. W. F. Kohlrausch, *Monatsh. Chem.*, 76, 1946, p. 231.

(9) N. Fuson et M. L. Josien, *J. Amer. Chem. Soc.*, 78, 1956, p. 3049.

(10) G. Herzberg, *Infrared and Raman Spectra of Polyatomic Molecules*, D. Van Nostrand et Cie, New York, 1945, p. 315.

(11) S. Mizushima, *Structure of Molecules and Internal Rotation*, Academic Press. Inc., New York, 1954.

(12) C. Garrigou-Lagrange, *Thèse de 3e cycle*, Bordeaux, 1956.

(13) R. Calas, M. L. Josien, N. Fuson, M. Paty, A. J. Valade et J. Valade, *Soc. Chim. France*, Section de Bordeaux, séance du 10 mars 1958.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le mécanisme de la formation des sels minéraux basiques insolubles du cuivre. Variation du* pH. Note (*) de Mlle **Marianne Lemoinne** et M. **Jean Gauthier**, présentée par M. Paul Pascal.

L'action des sels solubles neutres de cuivre sur l'hydroxyde de ce métal conduit à des sels basiques insolubles, de couleur vert jaunâtre, généralement du type $Cu(NO_3)_2$, $3Cu(OH)_2$. On a étudié la variation du pH au cours de la réaction.

Dans une Publication précédente, l'un de nous [1] a montré que les sels minéraux solubles de cuivre agissent plus ou moins rapidement sur les suspensions d'hydroxyde de ce métal, pour donner des sels basiques

qui sont généralement du type $Cu(NO_3)_2$, $3\,Cu(OH)_2$. En quelques minutes, les solutions de chlorure, de sulfate et de nitrate cuivriques sont pratiquement privées d'ions Cu^{2+}, par action de l'hydroxyde pris dans la proportion de 110 % de la quantité stœchiométrique. Le chlorate agit moins vite. *Le perchlorate semble, au contraire, faire passer en solution une faible partie du cuivre de l'hydroxyde.*

Les sels organiques (acétate, propionate, monochloro- et monobromo-acétate) conduisent à une solubilisation importante du cuivre, alors que le formiate et le trichloroacétate paraissent se comporter comme les sels minéraux.

Les expériences précitées nécessitent un contact plus ou moins long de la solution avec l'hydroxyde; lorsque la réaction est rapide, la durée de filtration peut atteindre une fraction importante du temps de contact total. La réaction est difficile à suivre dans son évolution; on ne déterminait qu'un effet global et l'on ne pouvait obtenir de renseignements détaillés. Avec le chlorure, en particulier, toute filtration a été impossible par suite de la finesse des grains du sel basique formé.

On a pensé, au contraire, à suivre la réaction tout au long de son déroulement par mesure (ou mieux par enregistrement) du potentiel d'une électrode convenable, plongeant dans la solution du sel de cuivre, agitée pour maintenir en suspension l'hydroxyde.

Tous les essais ont été faits avec de l'hydroxyde sec, vieux d'un an, et avec des suspensions d'hydroxyde frais, préparés tous deux suivant la technique de Weiser, Milligan et Cook (2).

On a essayé, en premier lieu, d'enregistrer le pH en fonction du temps, avec des électrodes de molybdène et de tungstène. Ces électrodes fonctionnent, en principe, comme indicatrices d'ions H^+, de la même façon que les électrodes à antimoine, et prennent un potentiel qui est une fonction linéaire du pH, au moins dans la zone centrale de l'échelle, la seule qui nous intéressait (3), (4). Elles ont été étudiées dans diverses solutions étalons de pH, conseillées par le National Bureau of Standards (5) et la linéarité prévue a été à peu près vérifiée. Cependant, elles ne semblent pas se mettre très rapidement en équilibre de potentiel avec la solution.

On déterminait au préalable le pH de la suspension d'hydroxyde frais et d'un mélange bien agité de produit sec et d'eau, ce qui a donné en moyenne respectivement 8,0 et 6,6.

Au cours des expériences, le potentiel de ces électrodes passait très rapidement par un *minimum* assez prononcé, puis variait ensuite lentement. La solution semblait donc devenir légèrement moins acide, puis *un peu plus acide* qu'au départ. En réalité, les électrodes se recouvraient de cuivre et fonctionnaient comme indicatrices d'ions Cu^{2+} suivant une remarque déjà faite par P. Deschamps (6).

La mesure est impossible avec les électrodes d'antimoine qui se recouvrent aussitôt de cuivre, et avec les électrodes à hydrogène qui réduisent catalytiquement les sels solubles de cuivre.

La mesure à l'électrode de verre donne une augmentation brusque, en 15 s au maximum, de 0,3 à 0,6 unité pH, respectivement pour l'hydroxyde vieux et sec, et pour le produit frais. Cela peut s'expliquer en partie par le pH de la suspension et par l'effet de la dilution, mais il faut aussi admettre une action instantanée de l'hydroxyde, neutralisant une partie des ions H^+ du milieu (sels d'acides forts et de base faible).

On constate ensuite une variation régulière atteignant au total 0,7 et 2,0 unités pH, variation dont la vitesse décroît dans l'ordre

$$\text{chlorure} > \text{sulfate} > \text{nitrate} > \text{chlorate} > \text{perchlorate}.$$

La figure 1 donne une représentation schématique du phénomène, la courbe A représentant les mesures obtenues avec l'hydroxyde frais, et la courbe B celles obtenues avec le produit vieux et sec.

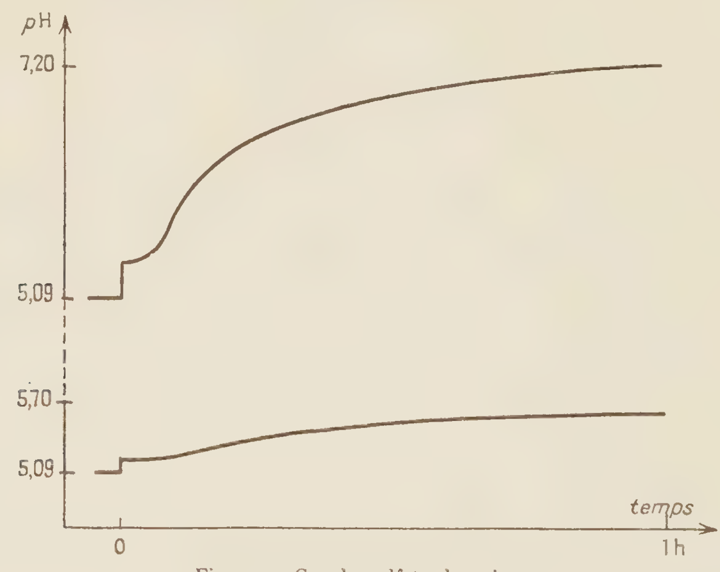


Fig. 1. — Cas du sulfate de cuivre.

Le tableau suivant donne les pH de départ, les pH après addition de l'hydroxyde et après 1 h de contact.

Anions.	Cl^-.	SO_4^{--}.	NO_3^-.	ClO_3^-.	ClO_4^-.	Remarques.
pH de départ	4,8	5,08	5,09	5,28	5,40	Hydroxyde frais
pH après addition de l'hydroxyde	5,65	5,39	5,64	5,82	5,80	
pH après 1 h de contact	7,2	7,2	6,28	6,18	6,22	
pH de départ	4,8	5,09	5,08	5,28	5,40	Hydroxyde vieux et sec
pH après addition de l'hydroxyde	5,2	5,4	5,46	5,60	5,60	
pH après 1 h de contact	5,5	5,7	5,88	5,92	5,69	

Les courbes présentent parfois, après la variation brusque du début, un court palier, indiquant une période de démarrage de la réaction elle-même.

Le pH final correspond presque toujours à des solutions à très faible acidité résiduelle, mais on doit signaler qu'on n'a pas cherché à éliminer systématiquement le gaz carbonique.

(*) Séance du 24 mars 1958.

(1) J. Gauthier, *Bull. Soc. chim.*, 1956, p. 661.

(2) Weiser, Milligan et Cook, *J. Amer. Chem. Soc.*, 64, 1942, p. 503.

(3) I. M. Issa et P. Khalifa, *Anal. Chim. Acta*, 10, 1954, p. 567.

(4) Brintzinger et Rost, *Z. analyt. Chem.*, 120, 1940, p. 161.

(5) *J. Res. Nat. Bureau of Standards*, 32, 1944, p. 215; 34, 1945, p. 373; 35, 1945, p. 381 et 539; 36, 1946, p. 47 et 543; 39, 1947, p. 411; 47, 1951, p. 433; 51, 1953, p. 189; 56, 1956, p. 305.

(6) P. Deschamps, *Thèse*, Paris, 1948.

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude structurale des gallates de manganèse, de fer et de cobalt.* Note (*) de MM. **Maurice Lensen** et **André Michel**, présentée par M. Georges Chaudron.

Parmi les gallates des métaux divalents, seuls ont été préparés jusqu'à présent les gallates de nickel (1), de magnésium (2), de cadmium et de zinc. Ils appartiennent au type spinelle; le gallate de magnésium seul étudié du point de vue répartition cationique est du type désordonné (2). Nous avons voulu apporter une contribution à l'étude structurale de ces composés. Pour obtenir les gallates de Mn, de Fe et de Co, nous avons porté à haute température (1100°C) des mélanges d'oxydes pris en proportions convenables. Deux recuits de quatre jours, séparés par un broyage d'homogénéisation sont nécessaires pour obtenir une combinaison complète. Les gallates obtenus, non ferromagnétiques à la température d'ébullition de l'azote liquide, furent examinés aux rayons X. Ils appartiennent tous au système cubique à faces centrées (type spinelle) et ont pour paramètre :

Ga_2O_3MnO : 8,435 Å ± 0,0005,

Ga_2O_3FeO : 8,363 Å ± 0,0005,

Ga_2O_3CoO : 8,307 Å ± 0,0005.

Comme d'après les travaux de Verwey et Heilmann (3), les ions Ga^{3+} auraient une préférence pour les sites A tétraédriques, il nous a paru intéressant de déterminer la répartition des cations dans les sites A et B : nous avons employé dans ce cas la méthode de Bertaut (4) et comparé les intensités des

raies correspondantes aux plans (400) et (220). Les résultats théoriques et expérimentaux sont groupés dans le tableau suivant :

	I400/I220 calculé pour			
	$x=0$.	$x=0,66$.	$x=1$.	I400/I220 expérimental.
Ga_2O_3MnO	2,64	1,65	1,32	2,30
Ga_2O_3FeO	2,45	1,62	1,31	1,28
Ga_2O_3CoO	2,80	1,76	1,36	1,55

x est la fraction des ions Ga^{3+} dans les sites A, la formule générale d'un spinelle s'écrivant

$$\underbrace{[M_x^{3+}M_{1-x}^{2+}]}_{\text{Sites A.}} \quad \underbrace{[M_{2-x}^{3+}M_x^{2+}]}_{\text{Sites B.}}O_4^{2-}.$$

La comparaison entre résultats expérimentaux et théoriques permet de tirer les conclusions suivantes :

Ga_2O_3FeO appartient au type inverse;

Ga_2O_3CoO est proche du type inverse : sa formule calculée à partir de la courbe $I400/I220 = f(x)$ serait

$$\underbrace{[Ga_{0,86}^{3+}Co_{0,14}^{2+}]}_{\text{Sites A.}} \quad \underbrace{[Ga_{1,14}^{3+}Co_{0,86}^{2+}]}_{\text{Sites B.}}O_4^{2-};$$

Ga_2O_3MnO est proche du type direct; sa formule serait :

$$\underbrace{[Ga_{0,20}^{3+}Mn_{0,80}^{2+}]}_{\text{Sites A.}} \quad \underbrace{[Ga_{1,80}^{3+}Mn_{0,20}^{2+}]}_{\text{Sites B.}}O_4^{2-}.$$

La théorie de Verwey et Heilmann se trouve justifiée pour les gallates de fer et de cobalt; par contre la structure directe du gallate de manganèse est en contradiction avec cette hypothèse. Les ions Mn^{2+} semblent montrer des propriétés particulières.

Ces gallates, de même que les vanadites ([5]) donnent avec les ferrites correspondants des solutions solides totales. L'étude des spinelles mixtes obtenus et l'extrapolation des résultats concernant la répartition des cations dans les sites A et B permettent de confirmer la validité des formules proposées pour les gallates.

(*) Séance du 24 mars 1958.

(1) Greenwald, Pickart et Grannis, *J. Chem. Phys.*, 22, 9, 1954, p. 1600.

(2) Barth et Posnjak, *Z. Krist.*, 82, 1932, p. 348.

(3) Verwey et Heilmann, *J. chem. Phys.*, 15, 1947, p. 174.

(4) Bertaut, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 213.

(5) Lensen et Michel, *XVIe Congrès international de Chimie pure et appliquée*, Paris, juillet 1957 (sous presse).

CHIMIE MINÉRALE. — *Synthèse et propriétés de l'apatite strontique carbonatée.* Note (*) de MM. **Ali-Naghi Akhavan-Niaki**, **Gérard Montel** et **Robert Wallaeys**, présentée par M. Georges Chaudron.

L'étude de la réaction entre le gaz carbonique et l'hydroxyapatite calcique avait conduit l'un de nous à préparer une apatite calcique carbonatée ([1]). Le composé ainsi obtenu ne contenait au maximum que 60 % de la teneur théorique en gaz carbonique. On peut le représenter par la formule

$$[Ca_3(PO_4)_2]_3Ca\begin{cases}0,4(OH)_2\\0,6\,CO_3\end{cases}$$

Mais nous avons montré dans une Note précédente ([2]) que le remplacement du calcium par le strontium dans le réseau de l'hydroxyapatite produisait une augmentation sensible des dimensions de sa maille élémentaire. Nous avons recherché si cette expansion pouvait être favorable à une carbonatation plus poussée des apatites.

Nous avons soumis pour cela l'hydroxyapatite strontique

$$[Sr_3(PO_4)_2]_3Sr(OH)_2$$

à l'action du gaz carbonique sec, sous la pression atmosphérique, à une température de 950°C. On voit sur la figure 1 (courbe 1) la courbe de thermopesée obtenue au cours de ce chauffage isotherme. Cette courbe traduit une augmentation de poids de l'apatite, qui peut être interprétée à l'aide de l'équation chimique suivante :

$$[Sr_3(PO_4)_2]_3Sr(OH)_2 + x\,CO_2 \rightarrow [Sr_3(PO_4)_2]_3Sr\begin{cases}(1-x)(OH)_2\\x\,CO_3\end{cases} + x\,H_2O \qquad (I)$$

Dans nos essais x a atteint une valeur maximum de 0,9 très supérieure à la valeur $x = 0,6$ obtenue avec les apatites calciques.

Nous avons vérifié l'exactitude de l'équation (I) en absorbant la vapeur d'eau dégagée au cours de la réaction sur du perchlorate de magnésium; la quantité d'eau ainsi déterminée correspond exactement au gain de poids de l'apatite dû à l'absorption du gaz carbonique suivant l'équation (I).

La substitution des ions OH^- de l'hydroxyapatite strontique par des ions CO_3^{--} provoque une modification importante des dimensions de la maille. Cette modification est bien mise en évidence par les diagrammes de diffraction des rayons X qu'on voit sur la figure 2 (clichés I et II).

La détermination des paramètres cristallographiques de l'apatite contenant 0,9 mole de CO_2 nous a conduits aux valeurs suivantes :

$$a = 9,86_7\ \text{kX} \qquad \text{et} \qquad c = 7,23_0\ \text{kX}.$$

On assiste à une augmentation du paramètre a et à une diminution du paramètre c de l'hydroxyapatite strontique au cours de la fixation du gaz carbonique (les paramètres de cette apatite sont en effet $a = 9{,}74_3$ kX et $c = 7{,}26_2$ kX) (²).

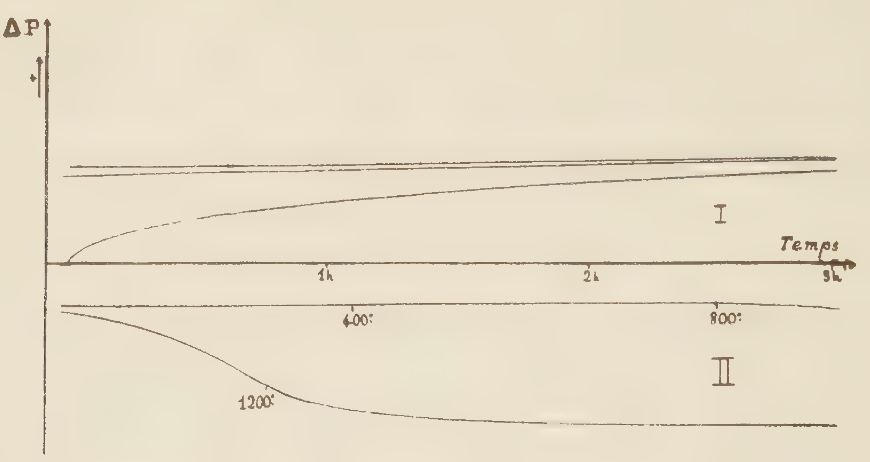


Fig. 1. — Courbes de thermopesée obtenues au cours de la synthèse et de la décomposition de l'apatite strontique carbonatée.

Courbe I : Fixation isotherme du CO_2 à 950° C.
Courbe II : Décomposition de l'apatite carbonatée en température croissante.

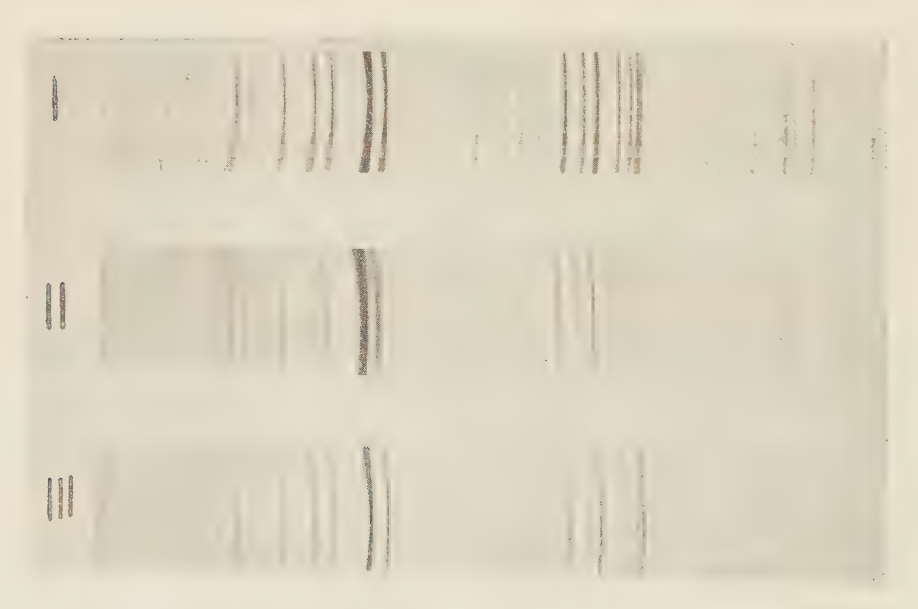


Fig. 2. — Diagrammes de diffraction des rayons X.
I. Hydroxyapatite strontique.
II. Apatite strontique carbonatée.
III. Fluorapatite strontique.

L'apatite strontique carbonatée se décompose lorsqu'on la chauffe au-dessus de 900° C dans une atmosphère privée de gaz carbonique. La courbe corres-

pondant à ce phénomène est représentée sur la figure 1 (courbe II). Mais si l'on a pris soin d'effectuer cette décomposition en atmosphère sèche, on obtient un produit qui absorbe fortement la vapeur d'eau dès la température ordinaire. Après réhydratation complète de ce produit, on obtient de l'hydroxyapatite, contenant une petite quantité de phosphate tristrontique anhydre.

Enfin si l'on traite l'apatite carbonatée à 1100° C par du fluorure de strontium, on observe une réaction de substitution représentée par l'équation (II).

$$[Sr_3(PO_4)_2]_3Sr\begin{matrix}\diagup (1-x)(OH)_2 \\ \diagdown xCO_3\end{matrix} + SrF_2 \rightarrow [Sr_3(PO_4)_2]_3SrF_2 + SrO + x\overset{\nearrow}{CO_2} + (1-x)\overset{\nearrow}{H_2O} \qquad (II)$$

La fluorapatite ainsi obtenue a été caractérisée par la mesure de ses paramètres cristallographiques ([3]) (figure 2, cliché III).

En conclusion, nous avons vérifié quantitativement que l'action du gaz carbonique sur l'hydroxyapatite strontique correspondait bien à une substitution des ions OH^- par des ions $CO_3^=$. La proportion d'ions OH^- ainsi remplacée croît notablement quand on passe de l'hydroxyapatite calcique à l'apatite strontique correspondante.

(*) Séance du 24 mars 1958.

([1]) R. WALLAEYS, *C. R. du colloque de l'Union Internationale de Chimie pure et appliquée*, Munster, septembre 1954, p. 183.

([2]) A. N. AKHAVAN-NIAKI et R. WALLAEYS, *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 1050.

([3]) A. N. AKHAVAN-NIAKI et R. WALLAEYS, *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 1556.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Esters phosphoriques du 2-chloroéthanol. Phénylalcoylphosphates de 2-chloroéthyle.* Note (*) de MM. **JACQUES NAVECH** et **FERDINAND MATHIS**, transmise par M. Max Mousseron.

Le dichlorure de phénylphosphoryle donne avec les alcools aliphatiques des chlorures d'alcoylphénylphosphoryle et ceux-ci réagissent sur la chlorhydrine du glycol pour former les esters phosphoriques mixtes d'alcoyle, de phényle et de chloroéthyle.

MM. P. Chabrier, R. Hazard, J. Cheymol et Mme A. Carayon-Gentil ([1]), ([2]) ont préparé des esters phosphoriques neutres du 2-chloroéthanol, en particulier l'ester 2-chloroéthyldiphénylphosphorique

$$(C_6H_5O)_2PO-OCH_2-CH_2-Cl$$

et l'ester di-(2-chloroéthyl)-phénylphosphorique

$$C_6H_5O-PO(OCH_2-CH_2-Cl)_2$$

puis les ont utilisés pour préparer des esters phénylphosphoriques d'éthanolamines substituées.

Nous avons entrepris un travail analogue, avec l'intention d'obtenir des combinaisons du type

$$C_6H_5O-PO(OR)(OCH_2-CH_2-Cl)$$

Nous avons vainement essayé de préparer le chlorure de phényl-chloroéthylphosphoryle par action du dichlorure de phénylphosphoryle [3] sur la chlorhydrine du glycol. La réaction semble se faire mais des décompositions se produisent manifestement au cours de la distillation.

Une autre voie nous était offerte par les *chlorures* de *phénylalcoylphosphoryle*, tels que le chlorure de Morel [4]

$$C_6H_5O-P_0(Cl)(OC_2H_5).$$

Chlorure d'éthylphénylphosphoryle (chlorophosphonate d'éthyle et de phényle). — Morel avait préparé le chlorure d'éthylphénylphosphoryle par action de 1 mol d'alcool éthylique sur 1 mol de dichlorure de phénylphosphoryle mais il n'avait pu purifier le produit par distillation dans le vide de la trompe à eau; ce composé se décompose, en effet, vers 150°. Nous avons repris sa préparation. Après élimination de l'acide chlorhydrique, d'abord par un courant de gaz carbonique, puis dans le vide de la trompe à eau, le mélange réactionnel est distillé dans le vide de la trompe à vapeur de mercure. Le chlorure de Morel passe à 94-95° sous 0,1 mm Hg environ.

Analyse : $C_8H_{10}O_3PCl$, calculé %, Cl 16,10; P 14,06; trouvé % Cl 16,60; P 14,38.

Nous avons de la même manière préparé les composés suivants :

Chlorure de méthylphénylphosphoryle (É 90-91° sous 0,1 mm Hg environ).

Analyse : $C_7H_8O_3PCl$, calculé % Cl 17,19; P 15,01; trouvé % Cl 17,88; P 15,54.

Chlorure de propylphénylphosphoryle (É 105-108° sous 0,1 mm Hg environ).

Analyse : $C_9H_{12}O_3PCl$, calculé %, Cl 15,13; P 13,26; trouvé %, Cl 15,41; P 13,55.

Chlorure de n-butylphénylphosphoryle (É 120-122° sous 0,1 mm Hg environ).

Analyse : $C_{10}H_{14}O_3PCl$, calculé %, Cl 14,28; P 12,51; trouvé %, Cl 14,31; P 12,42.

Phosphate de phényle, d'éthyle et de chloroéthyle. — Le chlorure de Morel réagit avec la plus grande facilité, à la température ordinaire, sur la chlorhydrine du glycol en présence de pyridine. Après filtration du précipité de chlorhydrate de pyridine, le mélange est soumis à une distillation fractionnée. Le phosphate de phényle, d'éthyle et de chloroéthyle

$$C_6H_5O-PO(OC_2H_5)(OCH_2-CH_2-Cl)$$

passe à 123-125° sous 0,1 mm Hg environ.

Analyse : $C_{10}H_{14}O_4PCl$, calculé %, Cl 13,79; P 11,72; trouvé %, Cl 13,60; P 11,50.

Nous avons préparé de la même manière les composés suivants :

Phosphates de phényle, de méthyle et de chloroéthyle (É 120-121° sous 0,1 mm Hg environ).

Analyse : $C_9H_{12}O_4PCl$, calculé %, Cl 14,17; P 12,37; trouvé %, Cl 14,31; P 12,55.

Phosphate de phényle, de propyle et de chloroéthyle (É. 128-130° sous 0,1 mm Hg environ.)

Analyse $C_{11}H_{16}O_4PCl$ calculé %, Cl 12,74; P 11,13; trouvé %, Cl 12,69; P 11,08.

Phosphate de phényle, de n-butyle et de chloroéthyle (É. 133-135° sous 0,1 mm Hg environ).

Analyse : $C_{12}H_{18}O_4PCl$ calculé %, Cl 12,14; P 10,59; trouvé %, Cl 11,93; P 10,54.

Ces esters phosphoriques réagissent sur les amines tertiaires. Nous avons commencé l'étude des produits formés.

(*) Séance du 17 mars 1958.

(1) R. Hazard, J. Cheymol, P. Chabrier et A. Carayon-Gentil, *Comptes rendus*, **243**, 1956, p. 2180.

(2) P. Chabrier et A. Carayon-Gentil, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 1957, p. 639-643.

(3) G. Jacobsen, *Ber.*, 8, 1875, p. 1519-1523.

(4) A. Morel, *Bull. Soc. Chim. Paris*, [3], **21**, 1899, p. 491-497.

(*C. N. R. S., Faculté des Sciences de Toulouse.*)

CHIMIE ORGANIQUE. — *Analyse polarographique, phénomènes d'orientation et détermination de structures chez les composés hétérocycliques.* Note (*) de MM. **Jean Tirouflet** et **Pierre Fournari**, présentée par M. Marcel Delépine.

La polarographie est un procédé de choix pour l'analyse sélective des isomères nitrés hétérocycliques. Analyse des mélanges obtenus dans la nitration des composés α-thiophéniques. Extension à la série du pyrrole : préparation et identification des deux nitroformyl-2 pyrroles.

(I) O_2N — [cycle : 4, 3, 5, 2 — X ; A]

Les composés du type (I) [A = S ou NH; X = CHO, $COCH_3$, CN, CO_2H, CO_2R, $CH(OCOCH_3)_2$] peuvent être facilement dosés par polarographie en utilisant la vague à 4F du groupe NO_2. De plus les potentiels de demi-onde des dérivés 4 et 5 diffèrent entre eux par deux incréments : incrément de

position de NO_2 sur le cycle et incrément de position de NO_2 par rapport à X [1], [5]. L'incrément global est de l'ordre de 0,12 à 0,25 V et permet un dosage sélectif des deux isomères.

Nous avons utilisé cette propriété pour résoudre les problèmes d'orientation dans la nitration des composés α-thiophéniques et α-pyrroliques. A notre connaissance aucune autre méthode analytique ne permet de surmonter les difficultés rencontrées dans ce domaine.

Série du thiophène. — La nitration des dérivés α-thiophéniques (X = CN, CO_2H, $COCH_3$) a été conduite entre —5 et —10° dans l'anhydride acétique. Après hydrolyse on polarographie le brut de la réaction. Les résultats obtenus dans plusieurs opérations successives sont reproductibles avec une approximation suffisante (2 à 4 %). Pour la nitration de l'acide thiophénique l'analyse polarographique permet également de déceler le nitrothiophène obtenu par décarboxylation partielle de l'acide.

Le cas de l'aldéhyde α-thiophénique est particulièrement intéressant. La nitration en présence d'anhydride acétique a lieu sous l'effet électronique du groupe diacétate et l'on obtient surtout l'isomère 5 [2]. La nitration directe de l'aldéhyde par NO_3H ne donne des rendements acceptables qu'en dessous de — 10°. On obtient alors 75 % d'isomère 4. Le principe de la séparation des isomères est donné dans une précédente Note [2]. Les points de fusion que nous avions indiqués pour l'aldéhyde 4 (F 56°) et ses dérivés étaient nettement différents de ceux signalés par Foye et ses collaborateurs [3] (F 35-37° pour l'aldéhyde). Le produit isolé par ces auteurs correspond à l'eutectique des dérivés 4 et 5. Seule l'analyse polarographique peut d'ailleurs permettre un contrôle absolu de la pureté des deux isomères.

Le tableau ci-dessous donne les pourcentages de l'isomère 4 dans les différents cas :

X	CHO.	$COCH_3$.	CN.	CO_2H [a].	$CH(OCOCH_3)_2$.	NO_2.
% isomère 4	75	52	43	31	14	[b]

[a] Pour l'acide on obtient : acide nitro-5 thiophénoïque-2, 61 % ; acide nitro-4 thiophénoïque-2, 31 % ; nitro-2 thiophène, 8 %.

[b] La complexité du polarogramme obtenu pour le brut de la nitration du nitro-2 thiophène ne permet pas de définir le pourcentage avec suffisamment de précision. Le pourcentage du dérivé 4 (de l'ordre de 80 %) est toutefois nettement supérieur à celui signalé par Hartough. Ce résultat est confirmé par une publication récente [4].

Ces résultats montrent que l'orientation privilégiée en 5, imposée normalement par le soufre, est fortement contrariée par les substituants (— I, — M). Le pourcentage de l'isomère 4 est d'autant plus élevé que le σ_X de Hammett correspondant est plus grand.

Au cours de ces recherches nous avons préparé quelques dérivés du nitro-4 thiophènealdéhyde-2 : par condensation sur l'éthanal on obtient le β-(nitro-4

thiényl-2)-acroléine ($C_7H_5O_3NS$) F 154° [semicarbazone ($C_8H_8O_3N_4S$) F 250-255°].

Nitration de l'aldéhyde α-pyrrolique. — La nitration de cet aldéhyde par NO_3H dans l'acide acétique à —10° donne de mauvais rendements. Pour obtenir des rendements acceptables, il faut opérer à très basse température. L'aldéhyde est dissous dans l'anhydride acétique et l'ensemble refroidi à —40°. A ce mélange on ajoute goutte à goutte une solution de NO_3H dans l'anhydride acétique préalablement refroidie à —25° dans une ampoule à brome traversant le fond d'un Dewar. L'addition est réglée de façon à maintenir la température vers —30°. Le produit brut obtenu après hydrolyse est un mélange des aldéhydes nitrés isomères : F 182° (38 %) et F 142° (62 %). Par cristallisations répétées dans le mélange eau-éthanol, on isole F 182°. Les résidus de cristallisation sont ensuite chromatographiés sur alumine avec élution à l'éther. Les fractions de tête contiennent l'isomère F 142° pratiquement pur. Les dernières fractions sont un mélange où domine l'isomère F 182°.

L'enrichissement est suivi à tous les stades par analyse polarographique. Les polarogrammes obtenus sur les deux isomères purifiés donnent : (pH 3,10) F 182°, 0,23 V; F 142°, 0,53 V; (pH 7,91) F 182°, 0,45 V; F 142°, 0,66 V.

Par analogie avec les résultats obtenus pour les deux aldéhydes nitrés isomères de la série du thiophène ([5]) F 182° correspond à l'isomère nitré en 5 et F 142° à l'isomère 4.

Le nitro-5 formyl-2 pyrrole ($C_5H_4O_3N_2$) F 182° [oxime ($C_5H_5O_3N_3$) jaune, F 186°; thiosemicarbazone ($C_6H_7O_2N_5S$) orangé, $F_{déc} > 200°$] donne par oxydation permanganique l'acide nitro-5 pyrrolcarboxylique-2.

De même le nitro-4 formyl-2 pyrrole ($C_5H_4O_3N_2$) F 142° [oxime ($C_5H_5O_3N_3$) jaune, F 226-230°; thiosemicarbazone ($C_6H_7O_2N_5S$) jaune orangé, $F_{déc} > 260°$] conduit à l'acide nitro-4 pyrrolcarboxylique-2.

La possibilité de ces deux transformations confirme la structure proposée ci-dessus en utilisant les données polarographiques.

(*) Séance du 24 mars 1958.

([1]) J. Tirouflet, P. Fournari et J. P. Chane, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 1799.

([2]) J. Tirouflet et P. Fournari, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 61; G. Combes, *Bull. Soc. Chim.*, 1952, p. 701.

([3]) W. O. Foye, J. J. Hefferren et E. G. Feldmann, *J. Amer. Chem. Soc.*, 76, 1954, p. 1378 et communication privée.

([4]) A. H. Blatt, S. Bach et L. W. Kresch, *J. org. Chem.*, 22, 1957, p. 1693.

([5]) J. Tirouflet et J. P. Chane, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 500.

(*Laboratoire de Chimie générale, Faculté des Sciences de Dijon.*)

MINÉRALOGIE. — *Recherches sur l'altération expérimentale du granite par épuisement continu à l'eau.* Note (*) de Mme **Agnès Oberlin**, MM. **Stéphane Henin** et **Georges Pedro**, transmise par M. Charles Mauguin.

L'épuisement continu du granite à l'eau produit une quantité importante de particules < 2 μ. L'étude minéralogique de ces éléments montre une microdivision des feldspaths et des micas en monocristaux et leur altération chimique aboutissant à des constituants amorphes.

Dans le cadre général d'une étude sur les processus d'altération des roches éruptives, nous avons envisagé de soumettre du granite à biotite à un épuisement continu dans un extracteur Soxhlet. A cet effet, 400 g de la roche, répartis en fragments d'environ 10 g ont été placés dans l'extracteur sans cartouche filtrante. Le liquide d'épuisement (température moyenne 70°) pourrait de la sorte, lors de son retour dans le ballon, entraîner des éléments fins. Le pH de l'eau qui était d'environ 5 au départ s'est élevé rapidement à 8,8, puis s'est maintenu dans le ballon autour de cette valeur. L'expérience a duré 2 mois.

Pendant cette période, malgré le passage de 350 l d'eau, l'aspect des fragments de granite a été peu modifié. Quelques paillettes de biotite se sont cependant auréolées d'une couleur rouille traduisant une diffusion du fer dans les minéraux voisins.

Par contre, l'eau du ballon, initialement limpide, est devenue progressivement opaque et d'une teinte laiteuse, s'étant chargée d'une quantité considérable d'une matière blanche extrêmement fine. Dans le même temps, une mince croûte de produits bruns se déposait en anneau contre la paroi du ballon au voisinage du fond.

L'ensemble de tous ces produits de décomposition, qui représente 0,54 % en poids du granite initial, a fait l'objet d'une étude granulométrique. Les résultats obtenus sont reproduits dans le tableau suivant :

Diamètre des particules.	Contenu du ballon (mg).	Croûte (mg).	Total (mg).	Proportions % du produit d'altération.
< 2 μ	1 532	251	1 783	82
2 μ - 20 μ	41	232	273	13
20 μ - 2 mm	109	12	121	5

Ainsi, l'extraction continue à l'eau provoque une altération notable du granite et entraîne la formation d'une grande quantité de particules < 2 μ représentant 82 % du total. Ce résultat est d'autant plus intéressant que tous les procédés expérimentaux déjà envisagés [1] avaient surtout provoqué la formation d'éléments sableux.

Le contenu du ballon a été étudié tout d'abord aux rayons X. Les

diagrammes obtenus montrent de larges halos traduisant essentiellement la présence d'éléments « amorphes ». Seules quelques raies, d'ailleurs faibles, indiquent la présence d'une petite fraction de corps cristallisés difficilement identifiables.

L'étude thermopondérale fait apparaître une perte d'eau de l'ordre de 3 % entre 250 et 350°, ce qui indique la présence d'hydroxydes.

Le microscope électronique confirme et complète ces déterminations : on observe en effet une quantité abondante d'éléments « colloïdaux » ayant la forme de *globules*. On constate aussi la présence de particules polyédriques, plates et allongées, dont les bords sont fréquemment corrodés et qui représentent des *monocristaux*. Pour certaines d'entre elles, on distingue même des angles rentrants suggérant une macle. Ce faciès est très comparable à celui des cristaux de feldspaths. On observe ensuite certaines plaquettes minces à contour hexagonal, déchiqueté sur les bords compatibles avec la présence de micas. Enfin, d'autres lamelles de forme également hexagonale, mais plus régulières, ont été identifiées comme des cristaux de kaolinite. Cette détermination a été confirmée par microdiffraction électronique. Nous ne pensons pas cependant qu'il s'agisse de kaolinite de néoformation. En effet, l'examen optique du granite initial permet de reconnaître quelques points de « kaolinisation ». Cette remarque généralise les conclusions d'autres études montrant l'existence de phyllites de type montmorillonite dans les roches saines [2].

L'examen aux rayons X des éléments constituant la croûte fait apparaître l'existence de produits « amorphes ». Les halos qu'ils produisent masquent plus ou moins les raies d'un produit cristallisé identifié comme étant de la biotite.

La thermobalance met en évidence entre 250 et 500° une perte d'eau de l'ordre de 15 %. Il s'agit là d'une quantité considérable qui ne peut être attribuée qu'à la déshydratation d'un hydroxyde de type $R(OH)_3$. Cette perte d'eau est probablement due à la déshydroxylation de couches octaédriques résultant d'une altération des feuillets de biotite par perte de silice.

L'examen au microscope électronique montre également l'existence abondante de produits amorphes et confirme la présence de mica (nombreuses particules à texture feuilletée).

En conclusion, le lessivage prolongé par l'eau de fragments volumineux de granite libère une quantité importante de produits fins susceptibles de se maintenir en suspension.

Leur examen au microscope électronique montre tout d'abord que les feldspaths et les micas du granite produisent par *microdivision* des *unités cristallographiques* (monocristaux) de taille comprise entre 1000 Å et 5 μ. Ces unités semblent par la suite se dégrader en donnant naissance à des *particules amorphes* de forme globulaire.

On constate aussi que cette libération de microcristaux s'accompagne toujours d'une *altération chimique* du matériel de départ : élimination des alcalins conduisant à l'augmentation du pH des eaux d'extraction et dans le cas de la biotite, perte de silice (formation d'hydroxydes) et de fer (auréoles de diffusion autour des paillettes).

Il résulte donc de cette étude que le simple lessivage par l'eau provoque une fragmentation microscopique des cristaux qui se poursuit jusqu'à la formation de composés amorphes. Dans cette perspective, ce sont ces derniers qui fourniraient les matériaux nécessaires aux néocristallisations.

(*) Séance du 24 mars 1958.

(1) P. Birot, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 745; G. Pédro, *Comptes rendus*, 245, 1957, p. 333; S. Hénin et G. Pédro, *Comptes rendus*, 245, 1957, p. 1451.

(2) S. Caillère, P. Birot et S. Hénin, *C. R. Ve Congrès International de la Science du Sol*, Léopoldville, II, 1954, p. 18.

(*Laboratoire de Minéralogie de la Sorbonne, Laboratoire des Sols, C. N. R. A., Versailles.*)

GÉOLOGIE. — *Le socle cristallophyllien du Dôme de la Mure. Age et caractères du métamorphisme.* Note (*) de M. **Jean Sarrot-Reynauld**, transmise par M. Léon Moret.

L'étude du socle hercynien du Dôme de la Mure montre l'existence d'un métamorphisme post-Stéphanien, lié à une métasomatose sodique. Celle-ci s'accompagne d'un front carbonaté atteignant les assises du Houiller qu'il recoupe. On discute l'extension de ce phénomène et l'âge réel du métamorphisme dans la chaîne de Belledonne.

R. Michel et P. Berthet ont montré (1) que les formations cristallophylliennes de la chaîne de Belledonne dans la vallée de la Romanche comprenaient trois ensembles lithologiques principaux : le groupe de Vizille à l'Ouest, le groupe de Séchilienne au centre, le groupe de l'Aveyna à l'Est.

Le groupe de Vizille forme le rameau externe de Belledonne, séparé du rameau interne par l'accident de Séchilienne, jalonné lui-même par une bande de Trias dont nous avons observé le prolongement Sud dans les ravins du Grand Riou de Saint-Barthélemy.

Le rameau externe s'individualise au Sud de la Romanche pour venir constituer le Dôme de la Mure proprement dit. La continuité structurale entre les deux régions se manifeste par la constance des directions tectoniques et l'identité des pendages de la série cristallophyllienne (60 à 80° vers l'Est).

En étendant vers le Sud les conclusions de Cl. Bordet (2) sur la structure synclinale du rameau externe au Nord de Belledonne, on peut admettre

que cette structure se développe pour donner le synclinorium matheysin dont le flanc Ouest constitue le Dôme de la Mure proprement dit, tandis que le flanc Est forme le Piquet de Nantes et le Coiro. L'étude de la région comprise entre ces deux bordures montre la complexité de ce synclinorium qui comporte de nombreuses ondulations et fractures.

La bande houillère de Fau-Laurent qui se prolonge au Sud de la Romanche entre Laffrey et le Sappey, correspond à un synclinal pincé dans le socle lors des mouvements palatins puis repris lors des mouvements alpins comme le montrent les plis affectant le Trias et le Lias.

Le rameau interne à valeur anticlinale repose sur le rameau externe à valeur synclinale par l'intermédiaire d'un pli-faille nettement chevauchant dans les régions de Séchilienne et du Grand Riou, les amphibolites des Portes de l'Oisans, puis les gabbros et serpentines du Thabor surmontant le Trias de la couverture du rameau externe. Le flanc inverse de la série synclinale a été laminé en profondeur donnant peut-être un « synclinal fermé et inapparent » ([3]). Au Sud (Oris et Entraigues-en-Valbonnais) on n'observe plus qu'un chevauchement réduit des schistes cristallins sur la série sédimentaire.

Les roches basiques et ultrabasiques de Chamrousse et du Thabor sont certainement en liaison étroite avec l'accident de Séchilienne, soit qu'elles se soient mises en place grâce à une fracture hercynienne, soit au contraire que leur apparition ait provoqué la formation d'une structure dissymétrique qui n'est devenue chevauchante que lors des mouvements alpins.

Du point de vue pétrographique, nous avons pu constater dans le Dôme de la Mure *sensu stricto* (régions de la Festinière et du Barioux) ainsi que dans les galeries des Houillères du Bassin du Dauphiné, l'identité entre les roches du socle cristallophyllien et celles constituant le groupe de Vizille dans la vallée de la Romanche.

Lors d'une première phase de métamorphisme, la série sédimentaire originelle alternativement arénacée et pélitique a donné des micaschistes à deux micas appartenant donc à la zone des Micaschistes inférieurs, mais lors d'une deuxième phase se sont produits :

1° Une dégradation de la biotite qui se transforme en chlorite et oxydes ferrotitanés, une séricitisation des anciens feldspaths, une recristallisation du quartz;

2° Une néoformation de chlorite, une cristallisation de muscovite et de tourmaline et surtout la formation d'albite pœcilitique repoussant les minéraux qui l'entourent. Les phénoblastes d'albite présentent souvent la macle de Carlsbad et bien que contenant des inclusions sigmoïdes, ils sont exempts de déformation parce qu'apparus tardivement dans la roche.

Si les premiers phénomènes relèvent d'une rétromorphose indiscutable, qui a replacé la série du Dôme de la Mure de la zone des Micaschistes

inférieurs dans celle des Micaschistes supérieurs, les seconds relèvent d'une métasomatose sodique et borée qui est vraisemblablement liée à la rétromorphose elle-même.

Il y a donc identité entre les séries du groupe de Vizille et du Dôme de la Mure mais dans cette dernière région nous avons pu mettre en évidence des faits nouveaux. L'albitisation n'affecte pas seulement la série cristallophyllienne mais également la série houillère composée, dans la zone du travers-bancs des Merlins des H. B. D., des assises du Westphalien D et du Stéphanien A ([4]).

Elle s'accompagne de la formation d'un front carbonaté, matérialisé par la présence quasi constante de calcite ou d'ankérite en grandes plages, au voisinage de l'albite qui est fréquemment limitée par elles.

Le Houiller limnique du bassin de la Mure est originellement exempt de roches carbonatées. La présence de ces minéraux n'étant pas, d'autre part, due à des minéralisations de type hydrothermal, *per descensum* ou *per ascensum* à la faveur de fissures, nous sommes en présence d'une véritable imprégnation des sédiments dont la stratification se trouve digérée par le front de métamorphisme. Nous avons pu observer en détail les faits suivants : les assises du Stéphanien inférieur présentent un front carbonaté important, la brèche de base du Stéphanien et les assises du Westphalien montrent l'association de calcite et d'ankérite avec un peu d'albite. Les micaschistes du socle sont eux franchement albitisés et calcitiques. La tourmaline est fréquemment présente.

Si le front carbonaté que nous avons observé est d'étendue relativement restreinte (250 m), son existence est très importante. Il faut y voir une sorte de front cafémique : les ions Ca et Fe ne correspondant plus à une structure stable des silicates dans la zone des Micaschistes supérieurs ont été expulsés et, entraînés par les vapeurs carboniques et borées venues de zones plus profondes, ils sont venus se déposer à l'état de carbonates dans le Houiller tandis que les vapeurs carboniques pourraient être à l'origine des dégagements instantanés fréquents dans les exploitations houillères au voisinage du socle cristallophyllien. Ces phénomènes de métasomatose dont le rôle est bien connu dans la genèse des gîtes métallifères sont certainement à l'origine de la présence de carbonates dans de nombreuses roches des massifs cristallins externes. On a donc la preuve, dans le Sud de Belledonne, de l'existence d'un métamorphisme au moins post-stéphanien. De nombreux indices plaident en faveur d'un âge plus récent encore.

Sans envisager comme P. Bellair ([5]), l'existence d'un métamorphisme calédonien, réel sans doute mais dont on a peu de chances de retrouver la trace, on peut admettre avec lui et R. Michel que le deuxième métamorphisme est d'âge alpin. La présence de tourmaline et d'albite dans

le Trias de Chamrousse ainsi que dans la région du Grand Riou de Séchilenne où elles sont accompagnées de chlorite et de « pressure shadow » est un argument important pour cette interprétation.

L'étude pétrographique détaillée des synclinaux sédimentaires du rameau externe de Belledonne (Fau-Laurent, Veyton) apportera la confirmation de l'âge alpin du métamorphisme observé, comme le suggère l'histoire tectonique de la région esquissée plus haut.

(*) Séance du 24 mars 1958.

(1) R. Michel et P. Berthet, *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 1888.

(2) Cl. Bordet, *Recherches géologiques sur la partie septentrionale du massif de Belledonne (Alpes françaises)*, *Thèse Sc.*, Paris, 1957.

(3) L. Moret, *Trav. Lab. Géol. Grenoble*, 29, 1952, p. 97.

(4) J. Sarrot-Reynauld et J. Haudour, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 2381.

(5) P. Bellair, *Comptes rendus*, 245, 1957, p. 2337.

(*Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de Grenoble.*)

SÉDIMENTOLOGIE. — *Quelques modalités de la sédimentation végétale dans l'étang de Leucate-Salses.* Note (*) de M. **André Rivière** et Mlle **Solange Vernhet**, présentée par M. Pierre Pruvost.

La sédimentation végétale joue un rôle complexe dans l'évolution de l'étang, mais les accumulations organiques ne deviennent prédominantes que dans certaines zones privilégiées où elle est le plus souvent à la fois allochtone et autochtone.

Dans l'étang de Leucate, l'alluvionnement végétal est essentiellement lié à l'extension des herbiers de *Ruppia maritima* Linné et présente des modalités variées :

1° *Banquettes littorales.* — A chaque tempête, et surtout pendant la mauvaise saison, les *Ruppia*, arrachées en quantités énormes, sont entraînées par les vagues et les courants. Elles viennent échouer en masse sur les rivages « au vent » où se construisent d'épaisses banquettes d'un varech fin et peu putrescible. L'enchevêtrement des frondes donne une certaine cohésion à ces accumulations qui résistent longtemps à l'action des vagues. Le long des rives Sud et Est de l'étang, ces banquettes de *Ruppia* ralentissent et parfois annihilent presque complètement l'érosion dans certaines zones qui, sans elles, seraient rapidement attaquées. Toutefois, sous l'effet des fermentations (vite anaérobies en profondeur où nous avons trouvé des rH inférieurs à 10) qui s'établissent dans ces accumulations végétales, les feuilles et les tiges de *Ruppia* perdent peu à peu leur résistance. L'alternance des périodes de dessiccation et de réhumidification les rend friables et elles ont tendance à se pulvériser en menus fragments

facilement emportés au loin par les moindres courants. Aussi, malgré leur volume important, les banquettes ne jouent guère que le rôle de relais transitoires, tout au moins en dehors des zones d'atterrissement rapide où elles paraissent faciliter l'installation du schorre halophile.

2° *Formes de transport.* — Sur la rive Sud de l'étang, par tempête du Nord-Ouest, les *Ruppia* poussées à la côte, s'agglomèrent en rides obliques, parallèles aux vagues sous la poussée desquelles elles se déplacent lentement d'Ouest en Est, suivant un processus analogue à celui qui a été décrit par l'un d'entre nous pour les dunes sous-marines littorales (1). Parfois, ces accumulations se constituent avant d'atteindre le rivage et prennent l'aspect de véritables barkhanes de varech, souvent groupées par deux ou par trois.

Le long de la rive orientale de l'étang, les dunes sous-marines littorales qui progressent du Nord au Sud, le long de la flèche du Corrège (2), contiennent une proportion de varech croissante du Nord au Sud et qui devient considérable à l'approche de la zone d'atterrissements au Nord du seuil de la Rascasse.

3° *Accumulations fixes.* — Alors que les accumulations temporaires et les formes de transport s'observent surtout dans les zones présentant une certaine tendance à l'érosion, les accumulations fixes sont presque exclusivement liées aux rives le long desquelles la sédimentation tend à prédominer. Elles prennent généralement naissance avec la formation d'une ride de varech, plus ou moins parallèle au rivage, qui se constitue à l'endroit où la diminution de la profondeur et souvent des conditions topographiques locales provoquent l'immobilisation des touffes de *Ruppia*, entraînées par les vagues et les courants. Cette ride délimite une sorte de lagune peu profonde dont la largeur peut varier de quelques mètres à quelques dizaines de mètres, dont les eaux sont généralement encombrées de varech et d'algues qui annihilent pratiquement toute agitation. De tels milieux constituent des zones de calme où les troubles se sédimentent rapidement en formant des dépôts d'autant plus riches en matières organiques que, fréquemment, les vents soufflant de terre y refoulent, souvent aggloméré en longs rouleaux, le varech précédemment jeté au rivage par les tempêtes soufflant vers lui. Le terme ultime de cette évolution est le comblement de la lagune et sa transformation en schorre halophile dont le niveau s'élève lentement (grâce aux apports éoliens et à ceux qui résultent de chaque submersion). Ces phénomènes, qui jouent un rôle important dans l'évolution des rives Nord et Ouest de l'étang de Sigean, ne s'observent guère qu'à échelle réduite dans l'étang de Leucate, en quelques points des rives Sud-Ouest et dans la corne Nord-Ouest (Paurel).

Dans les eaux plus profondes, en bordure des roselières des rives Sud et Ouest, les tempêtes des secteurs Est et Sud-Est provoquent des atter-

rissements de varech importants dont les actions liées aux vents dominants ne laissent guère subsister que des fractions plus ou moins étendues, attenantes aux roselières et que celles-ci envahissent progressivement.

4° *Zones de comblement.* — La corne Sud-Est de l'étang et la région comprise entre la flèche littorale et la partie orientale du seuil de la Rascasse constituent des zones de remblayage caractérisées par la convergence des apports sédimentaires ([2]). La part de l'alluvionnement végétal y est d'autant plus grande que ces hauts-fonds sont occupés par des herbiers de *Ruppia* dont les frondes retiennent les touffes de varech flottant au gré des eaux. Dans la corne Sud-Est de l'étang surtout, il s'y ajoute des masses énormes de varech pulvérulent dont nous avons plus haut indiqué l'origine. Nous avons constaté, en période de basses eaux, que ces accumulations s'étendent sur des centaines d'ares, avec des épaisseurs atteignant parfois plus de 30 cm, ensevelissant souvent la plus grande partie de l'appareil végétatif des *Ruppia* enracinées dans le sédiment sous-jacent. Parfois ces formations disparaissent sous des vases sableuses, montrant ainsi l'alternance de la sédimentation organique et de la sédimentation minérale.

Dans la région comprise entre le seuil de la Rascasse et le cordon littoral, le varech pulvérulent, facilement entraîné à travers les eaux peu profondes du seuil participe à un degré moindre à la sédimentation organique. Celle-ci est pourtant encore plus importante dans cette zone, soit que le varech ait été apporté directement en suspension, soit qu'il ait cheminé avec les dunes sous-marines mobiles qui contribuent si activement au remblayage de ce secteur.

Le fait que dans ces zones de remblayage rapide la sédimentation détritique fine puisse succéder à la sédimentation végétale et réciproquement, laisse supposer que le remblayage y est probablement caractérisé par l'alternance de ces deux faciès. Le fait est d'autant plus vraisemblable qu'en dehors de la lente remontée actuelle des eaux, le seul tassement de ces sédiments riches en matière organique végétale laisse prévoir un certain degré de « subsidence » des fonds. La submersion récente de l'île de Vy, formée, comme la Rascasse, de cailloutis probablement flandriens et le fait qu'elle semble s'enfoncer davantage chaque année sous les eaux, conduit à se demander — sans qu'il puisse encore être question de rien affirmer — si le jeu d'un affaissement profond n'ajoute pas son action à celle du tassement superficiel.

Ces observations mettent en évidence les faits suivants : 1° le caractère temporaire de certaines accumulations littorales (banquettes); 2° le rôle du sédiment végétal dans les mécanismes complexes des atterrissements le long des côtes situées « sous le vent » par rapport aux actions atmosphériques dominantes; 3° la fréquence d'un transport sous-marin de

l'alluvion végétale de type « dunaire », dans les eaux peu profondes; 4° l'accumulation préférentielle de la sédimentation végétale dans les régions caractérisées par des conditions favorisant un remblayage rapide; 5° le caractère à la fois autochtone et allochtone de la sédimentation végétale dans ces zones; l'alternance dans ces zones de la sédimentation végétale et de la sédimentation minérale.

Les modalités de la sédimentation végétale dans le milieu lagunaire que constitue l'étang de Leucate sont donc très complexes. Par certains côtés, elles ne sont pas sans suggérer l'idée, sinon de *similitude*, du moins d'une certaine *analogie*, compte tenu de l'échelle réduite, avec celles qui ont pu caractériser la sédimentation houillère. De ce point de vue, la constatation que la formation de strates à sédimentation végétale prédominante implique : 1° la concentration en des *zones privilégiées* d'apports provenant d'aires de végétation étendues; 2° la fréquente superposition, dans les mêmes couches, d'apport végétal *allochtone* au matériel végétal *autochtone*, peut n'être pas dépourvue de signification.

(*) Séance du 24 mars 1958.

(1) S. Vernhet, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1268.

(2) A. Rivière et S. Vernhet, *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 1891.

(*Laboratoire de Sédimentologie de la Faculté des Sciences de Paris.*)

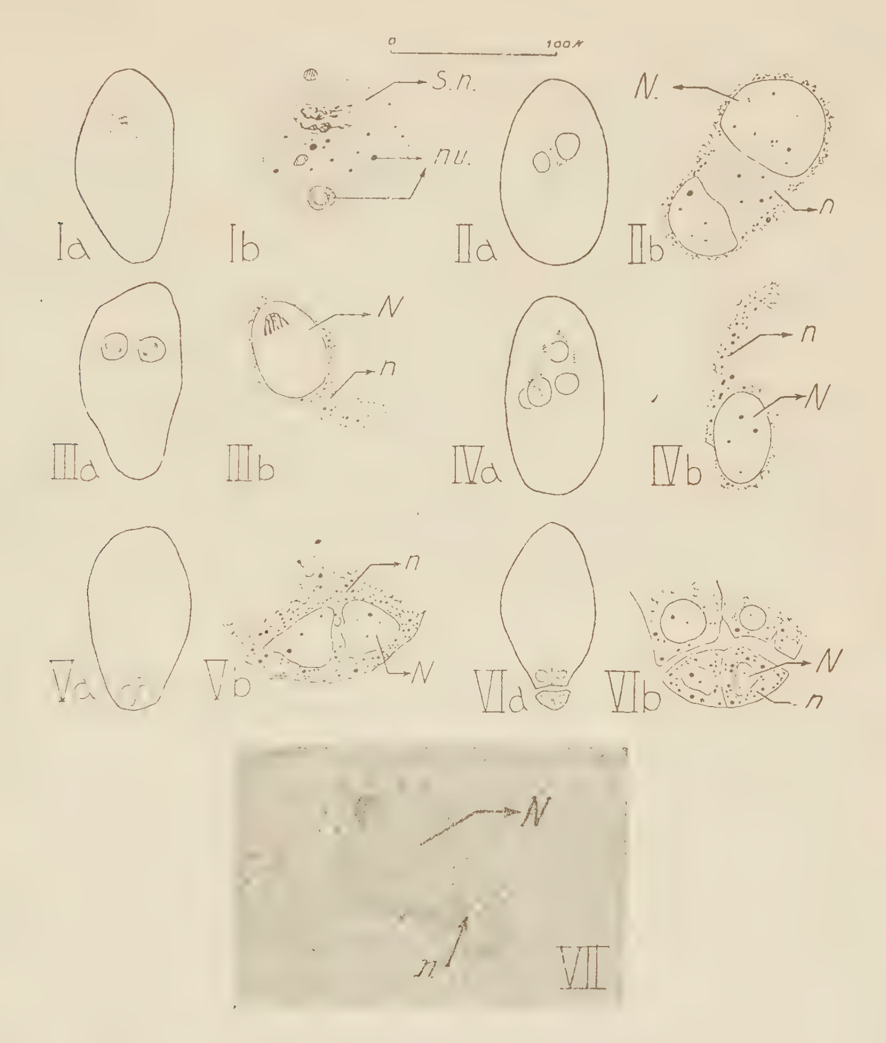
CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Rôle du suc nucléaire et des nucléoles dans la formation du cytoplasme du proembryon chez le* Pinus Laricio (*var.* austriaca). Note (*) de M. Henri Camefort, présentée par M. Lucien Plantefol.

Chez le *Pinus Laricio* les deux premières mitoses consécutives à la fécondation libèrent dans le protoplasme vitellin de l'oosphère, des quantités substantielles de suc nucléaire et de très nombreux nucléoles. Ce suc nucléaire et ces nucléoles constituent, après migration au pôle basal de l'oosphère, le cytoplasme et les inclusions basophiles du proembryon.

L'étude de la fécondation et des premières mitoses du zygote a été généralement faite, chez les *Gymnospermes*, pour analyser à peu près exclusivement le comportement des chromosomes. Les nucléoles et surtout le suc nucléaire n'ont guère été pris en considération.

Les faits suivants m'ont incité à préciser le devenir de ces deux constituants au cours des deux premières divisions du zygote. Chez le *P. Laricio* le volumineux noyau de l'oosphère (100 μ de diamètre environ) donne, après fécondation, deux petits noyaux (20 μ de diamètre) qui subissent ensuite un important grandissement (60 μ de diamètre). Puis ces deux noyaux se divisent simultanément et augmentent leur volume avant

d'émigrer au pôle basal de l'oosphère. La question suivante peut donc être posée : que deviennent au cours de ces deux mitoses les quantités importantes de suc nucléaire libéré dans le protoplasme vitellin de l'oosphère ?



Les figures indiquées par la lettre *a* sont des dessins de l'ensemble du zygote ou de l'embryon; celles indiquées par la lettre *b*, des dessins de détail d'une coupe intéressant leur partie nucléée. I*a* et I*b*, première mitose du zygote; II*a* et II*b*, proembryon à deux noyaux; III*a* et III*b*, divisions conjuguées des deux noyaux du proembryon; IV*a* et IV*b*, descente des quatre noyaux libres; V*a* et V*b*, proembryon cœnocytique (pôle actif); VI*a* et VI*b*, proembryon cellulaire; VII, microphotographie correspondant à la figure III*b* (une partie seulement des chromosomes anaphasiques est contenue dans le plan de coupe); N, noyau; n., néo-cytoplasme; nu., nucléole; S. n., suc nucléaire (Les inclusions vitellines n'ont pas été figurées.)

1. *Techniques d'étude.* — Le noyau de l'oosphère mûre a servi de test. Les résultats obtenus avec les fixateurs suivants, sont : 1° mélange alcool-formol-acide acétique : suc nucléaire grossièrement floculé, de gros nucléoles

seuls sont visibles; 2° mélange de Navachine : apparition de fibrilles aux dépens du suc nucléaire ou floculation grossière de celui-ci; les gros nucléoles sont distingués; 3° mélange de Helly : floculation fine de l'enchylème, nucléoles assez nombreux, de très petits nucléoles ne sont pas observés; 4° mélange de Regaud : coagulation homogène du suc nucléaire; de très nombreux nucléoles sont visibles, dont les plus fins ont des dimensions identiques à celles des mitochondries. Ce dernier fixateur a donc été retenu pour cette étude. Cependant le mélange de Helly a également été utilisé pour réaliser la coloration avec la pyronine et le vert de méthyle (mise en évidence des structures basophiles).

2. *Première mitose du zygote.* — La fusion des noyaux mâle et femelle est immédiatement suivie par l'apparition d'un fuseau achromatique qui localise les phénomènes chromosomiques au pôle supérieur du pronucléus femelle. Une partie au moins des nombreux nucléoles du gamète femelle ainsi que ceux du gamète mâle n'ont pas été résorbés (*fig.* I *a* et I *b*). A la fin de cette mitose les deux noyaux du proembryon apparaissent, dans les préparations, sur le bord d'une plage homogène dépourvue de vitellus, qui est l'ancien suc nucléaire de l'oosphère associé à celui du gamète mâle et contenant les nucléoles non résorbés.

Le suc nucléaire qui, à la fin d'une mitose, demeure ainsi dans le protoplasme vitallin, sans s'y mêler, sera nommé *néo-cytoplasme.*

Après leur croissance les deux noyaux du proembryon demeurent souvent réunis par une travée de *néo-cytoplasme* contenant d'abondantes granulations sidérophiles de taille variable (*fig.* II *a* et II *b*). Les plus grandes de ces inclusions sont sans doute d'anciens nucléoles, les plus fines, des nucléoles ou des mitochondries provenant du chondriome maternel entourant le noyau de l'oosphère. Rien ne permet ici de classer ces fines granulations dans l'une ou l'autre de ces catégories.

3. *Seconde mitose.* — Les deux noyaux du proembryon entrent en mitose simultanément (*fig.* III *a*, III *b* et VII). Le fuseau mitotique qui apparaît alors dans chaque noyau n'atteint pas, et de loin, la totalité du volume nucléaire. En outre, et comme dans la mitose précédente, de nombreux nucléoles ne sont pas résorbés.

A l'issue de ces deux divisions conjuguées une nouvelle quantité de *néo-cytoplasme* (suc nucléaire) avec ses inclusions sidérophiles (nucléoles) s'ajoute à celle qu'avait libérée la première mitose.

4. *Migration des noyaux libres.* — Au cours de leur descente vers le pôle de l'oosphère opposé au micropyle, les quatre noyaux du proembryon sont accompagnés par le *néo-cytoplasme* et sa charge d'inclusions sidérophiles. La figure IV *b* présente un de ces noyaux traînant derrière lui, comme la queue d'une comète, une traînée de cytoplasme néoformé.

Lorsque ce mouvement est achevé, le pôle basal de l'oosphère est essen-

tiellement constitué, outre les noyaux, de *néo-cytoplasme* riche en inclusions sidérophiles (*fig.* V *a* et *b*). Toutefois quelques inclusions vitellines témoignent, par leur présence, de l'existence d'un peu de cytoplasme maternel dans cette partie du proembryon.

La coloration par le mélange vert de méthyle-pyronine, appliquée après fixation par le mélange de Helly, montre qu'à ce stade du développement embryonnaire le cytoplasme néoformé et ses inclusions ont une intense affinité pour la pyronine (colorant basique).

5. *Conclusions.* — 1° Les deux premières mitoses du zygote du *P. Laricio*, libèrent dans le protoplasme vitellin de l'oosphère du suc nucléaire et de nombreux nucléoles formant un *néo-cytoplasme* avec des *inclusions basophiles*. Ce *néo-cytoplasme* qui émigre au pôle basal de l'oosphère, en même temps que les quatre noyaux, constitue l'essentiel du pôle actif du proembryon cœnocytique.

2° L'interprétation que dans une Note précédente ([1]) j'ai donnée de la basophilie du pôle actif du proembryon doit être rectifiée. Utilisant une fixation permettant l'application du test de Brachet, mais ne conservant pas le suc nucléaire, j'avais conclu à une basophilie accrue du vitellus dans le pôle actif. Cette basophilie me paraît être avant tout le fait d'une accumulation de *néo-cytoplasme* et d'inclusions d'origine nucléolaire fortement basophiles.

(*) Séance du 24 mars 1958.

([1]) H. Camefort, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 2134.

(*Laboratoire de Botanique de la Sorbonne.*)

EMBRYOLOGIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Orchidacées. Les lois du développement chez l'*Eulophia œdoplectron *Sum.* Note (*) de Mlle **Yvonne Veyret**, présentée par M. René Souèges.

L'embryon de l'*Eulophia œdoplectron* Sum. présente des caractères essentiels qui n'ont pas été observés chez les Orchidacées de sous-tribus différentes que nous avons examinées. Il procède d'une tétrade en C_2 et, dans la graine mûre, il est constitué des étages *l*, *l'*, *m*, *n*, *o* et *p*; ces deux derniers représentent un suspenseur rudimentaire.

Le genre *Eulophia* est classé par R. Schlechter ([1]) dans le groupe des Sympodiales de la tribu des *Kerosphæreæ*. Cette tribu est considérée, d'après A. Rolfe ([2]), comme étant la plus évoluée par le caractère des pollinies adaptées de la façon la plus parfaite à leur transport et à leur distribution par les Insectes.

Le genre a fait l'objet de quelques investigations embryologiques par B. G. L. Swamy ([3]), ([5]). Ces recherches sont cependant très fragmentaires

et insuffisantes. Elles ont été réalisées chez les *E. epidendracea* et *E. nuda*. L'auteur signale que, de même que chez le *Geodorum densiflorum*, le zygote forme une masse irrégulière de quatre à dix cellules dont les inférieures se développeront en éléments tubulaires, tandis qu'une des cellules supérieures donnera l'embryon *sensu lato*. L'auteur figure quelques-uns de ces stades chez l'*E. epidendracea* et chez le *G. densiflorum* mais non chez l'*E. nuda*.

Chez l'*Eulophia œdoplectron* Sum., la première cloison de l'œuf est transversale et engendre une cellule apicale *ca* et une cellule basale *cb* (*fig.* 1). Chacune de ces cellules se segmente de même transversalement pour constituer une tétrade linéaire en C_2, formée de quatre blastomères superposés *cc*, *cd*, *m* et *ci* (*fig.* 4). Cependant, il nous est arrivé de rencontrer une tétrade en A_2 (*fig.* 3), mais c'est là une exception, la forme linéaire étant la plus générale. Pour la grande majorité des formes, leur construction s'explique en effet en partant de la tétrade en C_2. C'est aux dépens des éléments *cc* et *cd* de cette tétrade que se constituent, par division longitudinale, quatre quadrants disposés en deux paires superposées (*fig.* 6, 8, 11). Dans le cas de la tétrade en A_2, les deux éléments supérieurs juxtaposés se partagent par deux parois verticales méridiennes donnant quatre quadrants disposés dans un même plan horizontal (*fig.* 12) ou bien quelquefois, se divisent l'un par une cloison verticale, l'autre horizontale, laissant apparaître quatre quadrants disposés en tétraèdre (*fig.* 10).

La cellule *m* se divise longitudinalement (*fig.* 7, 8, 10, 11, 12, 14, 16, 19, 20, 22, 24, 29, 30) ou parfois transversalement (*fig.* 17, 28), et la cellule *ci* se segmente suivant une cloison transversale (*fig.* 8, 11, 17, 20 à 26, 28, 31, 33) pour donner deux éléments superposés *n* et *n'*. C'est ainsi que l'embryon, à la troisième génération, se montre constitué de huit cellules réparties dans les étages *cc*, *cd*, *m*, *n* et *n'* (*fig.* 8 et 11) lorsque la tétrade est linéaire.

Aux dépens des quadrants se forment les octants par segmentations longitudinales dans le cas de la tétrade en C_2 ou transversales dans le cas de la tétrade en A_2. Les octants supérieurs peuvent être réunis sur un seul étage (*fig.* 23, 24, 30, 31) ou en tétraèdre (*fig.* 18); de même, les octants inférieurs peuvent être situés sur un seul étage (*fig.* 13 à 15, 19, 20, 22, 23, 25, 27) ou être groupés en tétraèdre (*fig.* 18, 24, 26). Quant aux deux cellules-filles de *m*, elles peuvent demeurer indivises jusqu'à la quatrième génération de même que *n* et *n'*; dès lors, à ce stade, l'embryon est constitué de 12 cellules (*fig.* 24).

Nous avons rencontré une forme très aberrante représentée par la figure 28. Dans cet embryon, les octants supérieurs sont répartis sur trois étages et les octants inférieurs (un est déjà divisé) sur deux étages comprenant chacun deux blastomères; *m* est divisé transversalement.

Après la quatrième génération, les octants supérieurs *l* se divisent d'abord tangentiellement (*fig.* 32, 33, 34) et arrivent à constituer dans la graine mûre un massif paucicellulaire (*fig.* 35) ou plus activement divisé (*fig.* 36). Les octants inférieurs *l'* se segmentent longitudinalement (*fig.* 29, 30, 31, 33) puis transversalement (*fig.* 32, 34) sans toutefois dépasser la formation de deux assises cellulaires à l'intérieur, et pouvant atteindre, à l'extérieur, trois cellules formant le dermatogène. L'étage *m* peut être constitué de quatre cellules circumaxiales (*fig.* 31) ou groupées en tétraèdre (*fig.* 26); il se segmente ensuite par divisions longitudinales (*fig.* 32), puis transversales (*fig.* 33, 34) engendrant finalement au maximum trois assises cellulaires dans la couche périphérique qui continue le dermatogène de l'étage *l'*.

Quant à la cellule *n*, elle se divise longitudinalement en deux nouvelles cellules (*fig.* 32,

35, 36) et n' en deux éléments superposés o et p (*fig.* 29, 34, 36) faisant fonction de suspenseur. La cellule o peut parfois se segmenter longitudinalement (*fig.* 35).

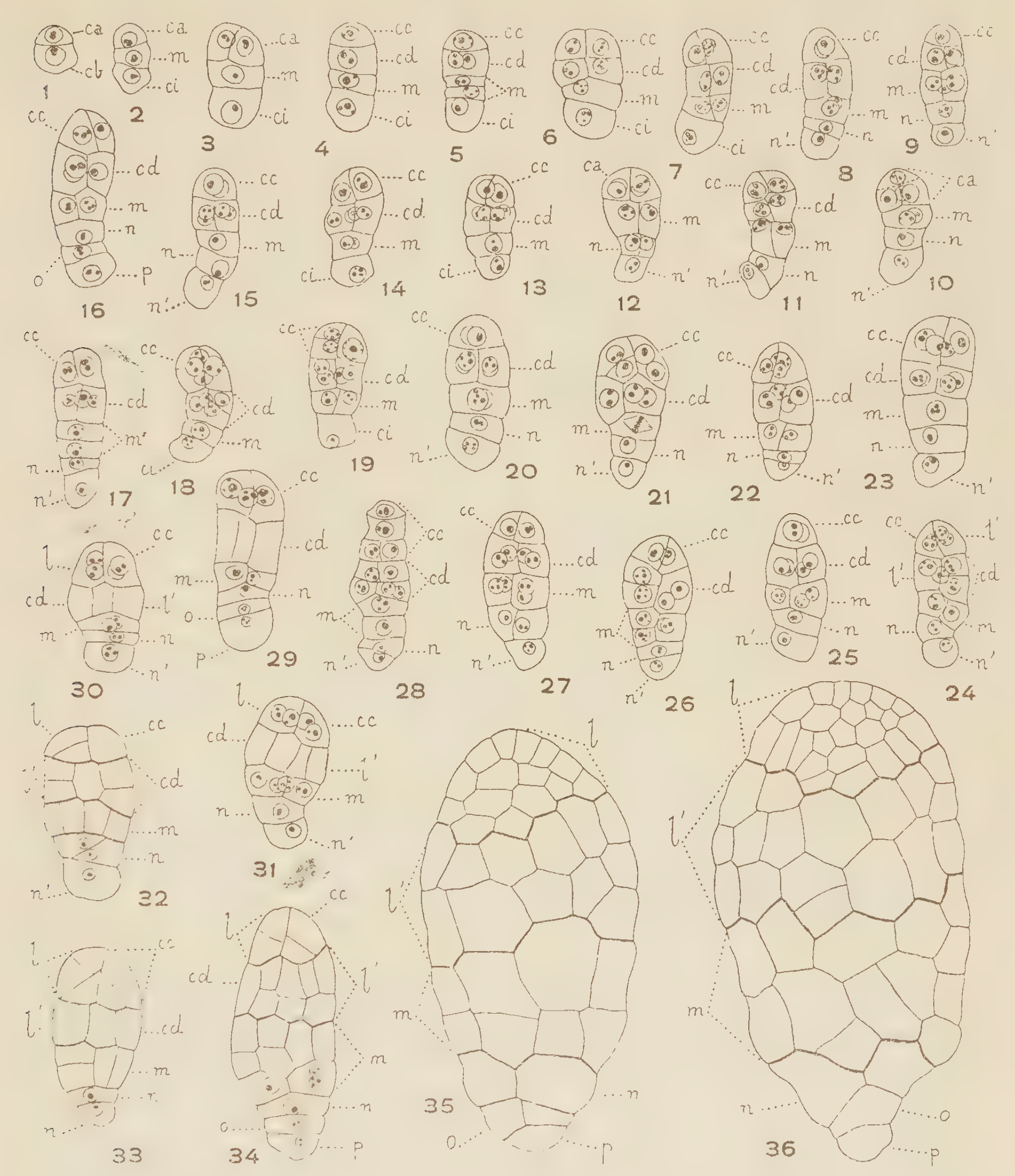


Fig. 1 à 36. — *Eulophia œdoplectron* Sum. — Les différents stades du développement de l'embryon : *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire ; *cc* et *cd*, cellule-fille supérieure et cellule-fille inférieure de *ca* ; *m* et *ci*, cellule intermédiaire et cellule inférieure de la tétrade ; *l* et *l'*, octants supérieurs et octants inférieurs ; *n* et *n'*, cellule-fille supérieure et cellule-fille inférieure de *n'*. — G × 360 pour les figures 1 à 34, G × 250 pour les figures 35 et 36.

On doit noter l'accroissement extraordinaire des cellules de l'embryon, notamment de celles des étages l', m et n, dès que le proembryon se montre constitué du nombre définitif de ses cellules. Ces cellules se trouvent,

dans la graine mûre, remplies de substances deutoplasmiques, particulièrement abondantes.

L'histoire embryogénique de l'*E. œdoplectron* Sum. est particulièrement intéressante, en ce sens qu'elle met en évidence des caractères différentiels, essentiels, indiscutables, sur lesquels l'attention n'avait pas encore été attirée à propos des Orchidacées. Par sa tétrade en C_2, cette espèce se range dans la série C du système périodique (4), et dans le troisième groupe embryogénique, par la séparation en deux éléments juxtaposés (quadrants) des deux cellules supérieures, *cc* et *cd* de sa tétrade. Cette place dans la classification des types embryonomiques indiquerait que l'*E. œdoplectron* serait un représentant de la famille plus évolué que ceux que j'ai étudiés jusqu'ici. Cette conclusion viendrait à l'appui de l'opinion de A. Rolfe relative à la tribu des *Kerosphæreæ*. L'apparition de la tétrade en A_2 indiquerait, d'autre part, un défaut de pureté de l'espèce.

(*) Séance du 24 mars 1958.

(1) R. Schlechter, *Not. Bot. Gart. Mus. Berlin-Dahlem*, 9, 1926, p. 88, 563-591.

(2) A. Rolfe, *Orch. Rev.*, 17, 1909 et 18, 1910.

(3) B. G. L. Swamy, *Proc. Nation. Inst. Sc. India*, 9, 1943, p. 59-65.

(4) B. G. L. Swamy, *Amer. Mid. Nat.*, 41, 1949, p. 202-232.

(5) R. Souèges, *Embryogénie et classification*, 2e fasc., Paris, 1939.

(*Office de la Recherche scientifique et technique Outre-Mer, C. T. A. T., Nogent-sur-Marne.*)

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la répartition de l'acide ascorbique dans la Tulipe en croissance à l'obscurité.* Note (*) de M. **Philippe Hagène**, présentée par M. Roger Heim.

Dans la Tulipe cultivée à l'obscurité, l'acide ascorbique dans la fleur, en particulier dans le périanthe, est au moins aussi abondant que dans le témoin. Dans les autres parties de la plante, les concentrations sont beaucoup plus faibles, mais la morphologie leur impose dans les feuilles et les tuniques un ordre croissant ou décroissant identique à celui du témoin.

L'étude de la répartition de l'acide ascorbique dans les feuilles d'une Tulipe en croissance (1) a montré que le gradient de la concentration variait au cours du développement d'une façon régulière. Les nouveaux résultats présentés ont été obtenus sur des plantes cultivées en pot, à l'obscurité complète, sauf la faible lumière nécessaire pendant un court moment chaque semaine pour l'arrosage. Il n'a pas été possible de travailler sur la même forme horticole que l'année précédente; tous les résultats qui suivent concernent la variété Brilliant Star, précoce, à fleur simple. La presque totalité des plantes a pu fleurir à l'obscurité.

Depuis la mise en végétation jusqu'après la fécondation, la teneur de chaque plante en acide ascorbique a augmenté, la concentration pour 100 du poids sec ([2]) passant de 18,75 à 75,33. Les bulbes du lot étant tous de même calibre au départ, leur teneur en acide ascorbique exprimée en valeur absolue (mg) passe de 1,90 le 19 octobre (bulbe « au repos ») à 5,26 quand la plante présente une fleur à son plein développement et épanouie (21 février). L'augmentation de la concentration par rapport au poids sec est due à la fois à un accroissement de la quantité d'acide ascorbique et à une certaine diminution de la matière sèche.

L'acide ascorbique ainsi formé apparaît surtout dans la fleur dont la teneur s'accroît jusqu'à 56 % de l'acide ascorbique total de la plante. La concentration pour 100 du poids sec est alors au moins égale et souvent supérieure à la concentration dans les fleurs des plantes témoins développées dans les conditions naturelles d'éclairement.

C'est toujours le périanthe qui présente la plus forte teneur absolue et la plus grande concentration en ce corps. Dans chaque pièce, celle-ci est sensiblement le double, dans la moitié apicale, de celle de la moitié basale où la croissance des cellules détermine les mouvements d'ouverture et de fermeture du périanthe.

La chute du pollen entraîne une perte de poids et d'acide ascorbique dans l'androcée; la diminution de concentration provient sans doute de la sénescence des étamines après l'émission du pollen.

Dans les limites de nos expériences, le développement du gynécée a été faible; il est accompagné d'une augmentation de concentration de l'acide ascorbique.

Dans les exemples suivants, la longueur du périanthe indique le stade du développement (concentrations en milligrammes pour 100 g du poids sec) :

Longueur du périanthe	40 mm.		70 mm.
Conditions de culture	Lumière.	Obscurité.	Obscurité.
Périanthe	300,63	530,56	656,18
Androcée	451,44	521,82	474,54
Gynécée	209,60	280,09	388,47
Fleur entière	324,13	489,31	576,16

Les fleurs développées à l'obscurité sont absolument normales en couleur, forme et dimensions.

Pour les autres régions de la plante, la répartition de l'acide ascorbique dans la plante en expérience diffère profondément de ce qu'elle est dans le témoin (concentrations en valeurs absolues en milligrammes)

Longueur du périanthe	40 mm.		70 mm.
Conditions de culture	Lumière.	Obscurité.	Obscurité.
Fleur	1,04	1,43	2,98
Tige et feuilles	5,10	0,59	0,50
Tuniques, plateau, bourg. axill.	4,57	1,72	1,38
Plantes entières	11,73	3,85	5,26

Dans les racines des plantes à l'obscurité, l'acide ascorbique décroît du début du développement jusqu'à la fleur complètement développée, en valeur absolue de 0,55 à 0,40 mg; la croissance des racines entraîne donc une forte baisse de concentration, de 338,21 à 62,83. Dans le témoin, il y a accroissement en valeur absolue (1,02 mg), mais la concentration (172,64) baisse cependant par suite de la croissance.

Dans les tuniques du bulbe qui ne s'accroissent pas, il y a une évolution des concentrations dont résulte une inversion de gradient :

	Avant culture.	Périanthe 40 mm. Lumière.	Obscurité.
Tunique 4 ([3])	18,11	2,33	6,10
» 3	13,87	5,64	6,66
» 2	12,47	10,37	12,10
» 1	12,90	182,43	43,53
En valeur absolue (mg pour l'ensemble des tuniques	1,07	4,39	1,47

L'accroissement de la concentration dans la tunique externe pourrait être attribué à une formation d'acide ascorbique; mais, dans le témoin, on peut aussi bien penser à une accumulation du corps formé dans les parties aériennes. Il reste que l'évolution des concentrations dans les tuniques est la même pour l'expérience et le témoin.

On trouve le même parallélisme pour les feuilles qui, cependant, sur les plantes cultivées à l'obscurité n'ont qu'un développement restreint (environ le quart de celui du témoin, en poids sec), comme l'allongement de la tige. Si, en valeur absolue, la teneur en acide ascorbique décroît, sans exception, de la feuille 1 à la feuille 5, les concentrations pour 100 du poids sec se présentent dans un ordre différent

Longueur du périanthe	40 mm.		70 mm.
Conditions de culture	Lumière.	Obscurité.	Obscurité.
Feuille 5	–	33,91	101,20
» 4	405,33	75,72	123,23
» 3	563,51	114,18	174,94
» 2	474,51	117,45	156,33
» 1	212,12	76,88	109,81
Pour l'ensemble des feuilles	338,62	90,17	134,03

Malgré les grandes différences de teneurs, le maximum tend à s'établir dans la feuille 3. Un ordre très différent a été mis en évidence dans la tulipe Beatrix (Ph. Hagène, *loc. sup. cit.*).

Dans la tige, quand la fleur est sur le point de s'épanouir, la concentration par rapport au poids sec n'est inférieure que de peu à celle du témoin au même stade : 135,87 au lieu de 145,98.

L'origine de l'acide ascorbique de la tige et des feuilles apparaît nettement dans la comparaison des dosages effectués sur le bulbe au repos et sur le bulbe conservé ensuite en armoire frigorifique durant 11 semaines; on trouve en effet en valeur absolue (mg)

	Bulbe moins le bourgeon.	Bourgeon.
Bulbe au repos	1,66	0,23
Après 11 semaines au froid	1,41	0,43

Il y aurait migration mais non formation d'acide ascorbique à cette température. La croissance du bourgeon se poursuit et détermine une diminution de la concentration par rapport au poids sec.

On peut remarquer également que les tuniques du témoin fleuri présentent sur celles du bulbe conservé au froid un excès de 3,32 mg d'acide ascorbique; que cette différence pour la plante fleurie à l'obscurité est 0,32 mg; enfin que la tige fleurie de cette dernière renferme 3,47 mg d'acide ascorbique. L'excès d'acide ascorbique formé dans la tunique 1, et non utilisé dans le témoin, pourrait entrer dans la constitution de la tige fleurie, en particulier de la fleur, dans l'expérience à l'obscurité.

(*) Séance du 24 mars 1958.

(1) Ph. Hagène, *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 2174.

(2) Les concentrations sont exprimées en milligrammes pour 100 g du poids frais ou sec.

(3) Les tuniques et les feuilles sont numérotées dans leur ordre d'insertion, la pièce 1 étant la plus âgée et la plus basse.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur un cas de sensibilité des tissus de crown-gall de Scorsonère à l'acide indole acétique.* Note (*) de Mlle **Denise Paris** et M. **Louis Duhamet**, présentée par M. Roger Heim.

Les tissus de crown-gall de Scorsonère manifestent une certaine sensibilité à l'acide indole acétique s'ils proviennent de colonies âgées et cultivées sur le milieu de Knop enrichi en potassium.

Les recherches de R. J. Gautheret ont établi que les tissus de crown-gall de Scorsonère ne manifestent aucune sensibilité à l'égard de l'acide indole acétique (1); ceci est vraisemblablement dû à leur faculté de synthétiser de l'auxine en quantité suffisante pour assurer leur prolifération (2).

Cette souche, isolée par Gautheret en 1947, peut être entretenue indéfiniment sur un milieu gélosé ne renfermant que les éléments minéraux du liquide de Knop et du glucose (3 %). Il est toutefois possible d'accélérer

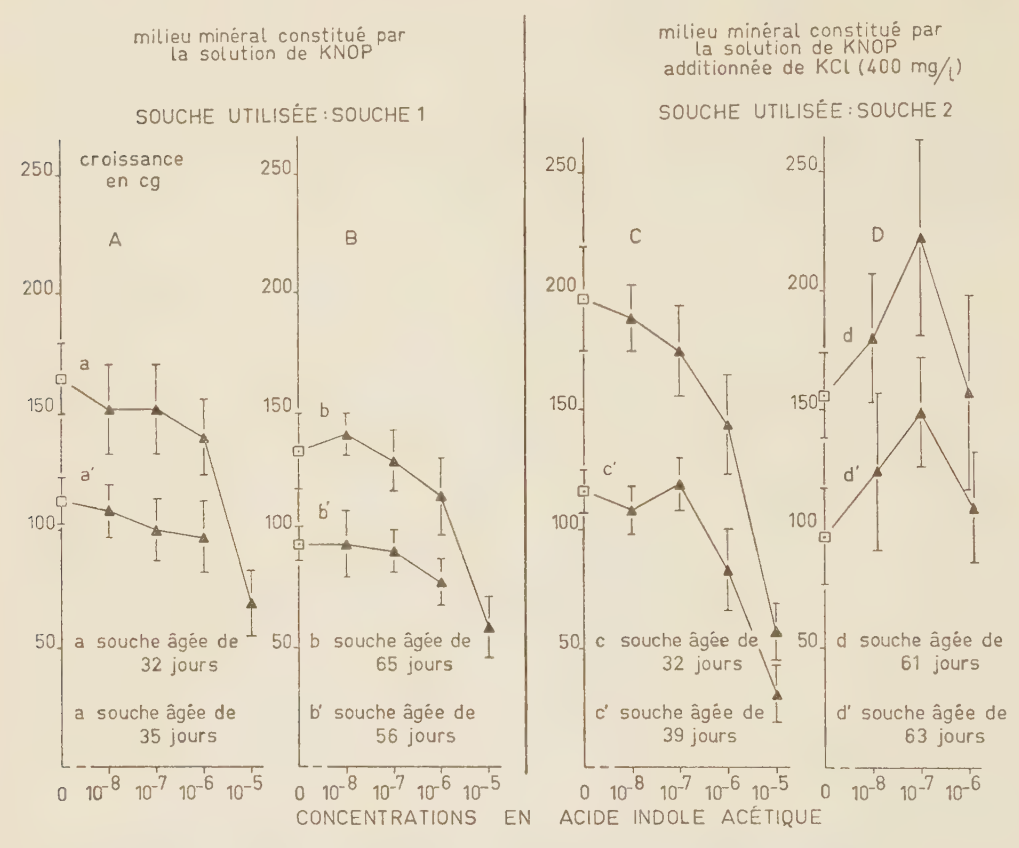


Fig. 1. — Action de l'acide indole acétique sur la croissance de deux souches de crown-gall de Scorsonère.

En A : les courbes *a* et *a'* représentent deux expériences réalisées à l'aide d'explantats prélevés dans des colonies de la souche 1 âgées d'un mois environ.

En B : les courbes *b* et *b'* représentent deux expériences réalisées à l'aide d'explantats prélevés dans des colonies de la souche 1 âgées de deux mois environ.

En C : les courbes *c* et *c'* représentent deux expériences réalisées à l'aide d'explantats prélevés dans des colonies de la souche 2 âgées d'un mois environ.

En D : Les courbes *d* et *d'* représentent deux expériences réalisées à l'aide d'explantats prélevés dans des colonies de la souche 2 âgées de deux mois environ.

Les points expérimentaux représentent la moyenne des poids frais finaux de 12 explantats.

Afin de vérifier si l'action stimulante de l'acide indole acétique observée dans certains cas est significative, nous avons déterminé les limites de variabilité des croissances, calculées par le test de Student-Fisher et évaluées pour la quasi-certitude de 95 %.

Ces huit expériences n'ont pas été réalisées simultanément et n'ont pas duré exactement le même temps. Leurs durées respectives sont de : 44, 45, 46, 42, 44, 48, 55 et 44 jours pour les courbes *a*, *a'*, *b*, *b'*, *c*, *c'*, *d*, *d'*.

la vitesse de son développement en augmentant la teneur de ce milieu en potassium, par exemple en lui ajoutant du chlorure de potassium (400 mg/l) ([3]). L'emploi d'un tel milieu nous a permis de noter l'appa-

rition sporadique d'une certaine sensibilité à l'égard de l'acide indole acétique.

Nous avons tenté de déterminer les conditions dans lesquelles cette sensibilité se manifeste. Des tissus de crown-gall de Scorsonère furent cultivés pendant plusieurs mois sur deux types de milieux : l'un ne renfermant que les éléments du liquide de Knop et du glucose, l'autre contenant les mêmes substances et du chlorure de potassium à la dose de 400 mg/l. Ayant ainsi obtenu deux souches : souche 1 (cultivée sur le milieu de Knop) et souche 2 (cultivée sur le milieu de Knop additionné de chlorure de potassium), nous avons procédé aux essais suivants :

Des fragments cubiques, pesant 125 mg environ, sont découpés dans des colonies jeunes et dans des colonies âgées de ces deux souches, puis ensemencés sur les deux types de milieux minéraux, les uns dépourvus d'auxine (milieux témoins), les autres renfermant de l'acide indole acétique à des concentrations comprises entre 10^{-8} et 10^{-5}. Au bout de quelques semaines (6 à 8 selon les expériences) les poids finaux moyens des colonies sont déterminés. La figure 1 rassemble les résultats de plusieurs expériences.

On constate, conformément aux résultats antérieurs de Gautheret, que sur les milieux ne renfermant que les sels de la solution de Knop, les colonies issues d'explantats découpés dans des souches jeunes (A) ou âgées (B) sont indifférentes à l'acide indole acétique. Sur des milieux enrichis en potassium, les colonies provenant d'explantats prélevés sur des souches jeunes (C) se comportent de la même manière; au contraire, celles issues de fragments de colonies âgées de deux mois environ (D) sont sensibles aux propriétés stimulantes de l'acide indole acétique ([4]).

Il apparaît donc nettement que l'action de l'acide indole acétique ne se manifeste que sur des colonies provenant d'explantats prélevés sur des souches âgées cultivées sur un milieu enrichi en potassium.

Ces phénomènes permettent de penser que les modifications du métabolisme des tissus ([5]) causées par la présence d'une forte teneur en potassium dans le milieu entraîneraient, par exemple, un fléchissement du pouvoir de synthèse de l'auxine, fléchissement qui se manifesterait en fin de culture. Les explantats prélevés sur des colonies âgées de la souche 2 auraient ainsi, lors de leur ensemencement, une teneur en auxine très faible et la reprise de leur prolifération serait plus difficile ([6]). Ces tissus deviendraient alors sensibles à un apport externe de substances de croissance.

En conclusion, la sensibilité des tissus de la souche de crown-gall de Scorsonère à l'auxine ne correspond pas à une réaction réellement physiologique de cette souche; elle indique un vieillissement plus rapide des tissus cultivés sur un milieu enrichi en potassium, vieillissement allant

de pair avec un abaissement probable de la teneur en facteurs de croissance synthétisés par le tissu.

(*) Séance du 24 mars 1958.

(1) R. J. Gautheret, *C. R. Soc. Biol.*, 142, 1948, p. 774-775.

(2) Z. Kulescha, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 292.

(3) Au cours de ses recherches sur la nutrition minérale, Heller a montré que la dose de potassium contenue dans le milieu de Gautheret est très inférieure à l'optimum, (*Ann. Sc. Nat. Bot.*, Thèse, 14, 1953).

(4) Dans ces dernières conditions, la variabilité des résultats est beaucoup plus considérable, ce qui semble indiquer un mauvais état de la souche.

(5) Une réaction à l'acide indole acétique a été également mise en évidence sur d'autres tissus tumoraux (tissus de crown-gall et de tumeur génétique) dont le métabolisme normal avait été troublé, soit par la chaleur (Rier et Henderson), soit par l'action de radiations ou d'anti-auxines (Klein et Vogel), soit enfin en maintenant les tissus en atmosphère confinée (Kehr et Smith). J. P. Rier et J. H. M. Henderson, *Plant Physiology*, 32, 1957, p. 494-497; R. M. Klein et H. H. Vogel, *Plant Physiology*, 31, 1956, p. 17-22; A. E. Kehr et H. H. Smith, *Abnormal and pathological plant growth*, *Brookhaven Symposia in Biology*, n° 6, 1953, p. 55-78.

(6) Pratiquement les souches de crown-gall de Scorsonère cultivées sur un milieu enrichi en potassium doivent être repiquées toutes les six semaines. Passé ce délai, la reprise de la croissance est irrégulière, puis incertaine. Ces souches âgées ne sauraient donc être utilisées pour réaliser des expériences valables.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Étude comparée de l'activité de la polyphénol-oxydase chez le Tabac sain et inoculé par une maladie à virus.* Note (*) de M. **Claude Martin**, présentée par M. Lucien Plantefol.

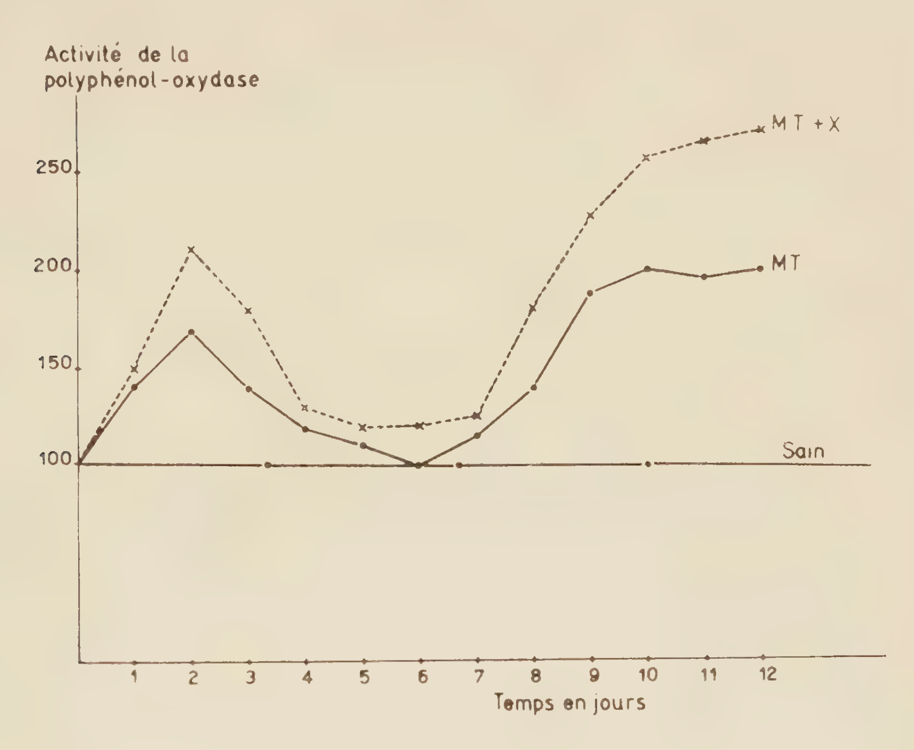
L'étude des oxydations accompagnant la synthèse du virus dans une plante a été abordée; le rôle de la polyphénol-oxydase a été plus particulièrement étudié. L'activité de cette enzyme présente deux maximums après l'inoculation du virus à la plante : après 48 à 72 h et lors de l'éclosion des symptômes. L'hypothèse d'une accumulation de composés phénoliques chez les plantes malades est émise.

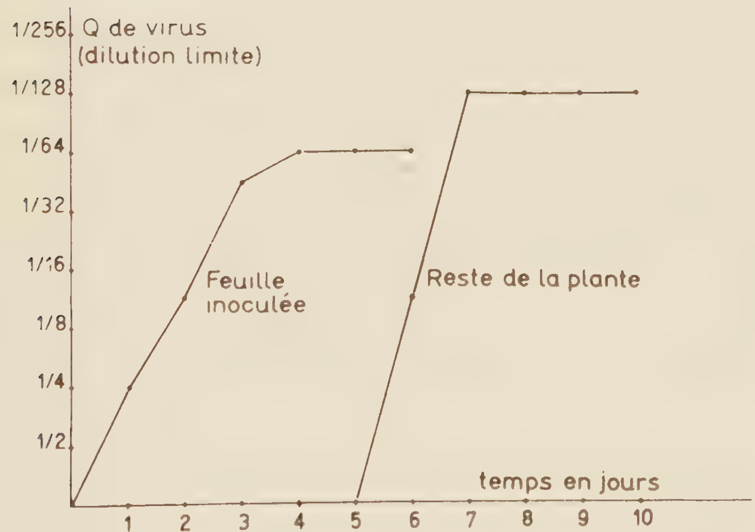
Dès la fin du siècle dernier Woods (1) signalait que le suc cellulaire chez le Tabac atteint de Mosaïque présentait une activité oxydasique supérieure à celui des plantes saines.

Il nomma oxygénase l'enzyme qui produisait ces oxydations sans en préciser la nature. Les résultats furent confirmés par différents auteurs, parmi lesquels il faut citer Chapmann (2) et Wynd (3). Ce dernier définit ainsi cette « oxygénase » : « L'oxygénase est l'enzyme catalysant l'oxydation de certaines substances polyphénoliques par la molécule d'oxygène, avec formation de quinone ». Il s'agit donc de l'enzyme qu'on désigne maintenant sous le terme de polyphénol-oxydase.

Après avoir vérifié ces résultats sur le Tabac atteint du virus de la

Mosaïque du Tabac, nous les avons étendus à cette plante inoculée par d'autres virus : virus X et virus Y de la Pomme de terre, et à d'autres plantes : Tomate et Dahlia hébergeant leurs virus respectifs.





Étude de l'activité de la polyphénol-oxydase chez le Tabac :

a. le graphique du haut montre l'activité de la polyphénol-oxydase chez les plantes malades en pourcentage de l'activité chez les plantes saines;

b. le graphique du bas montre la synthèse du virus chez les plantes inoculées.

MT, mosaïque du Tabac; MT + X, mosaïque du Tabac et virus X de la Pomme de terre.

Étant donné la généralité du phénomène, nous avons étudié, d'une façon plus approfondie, l'activité de cette enzyme en réalisant des mesures en fonction du temps, depuis le moment de l'inoculation jusqu'à l'éclosion des symptômes, stade auquel la généralisation du virus dans la plante est déjà presque terminée.

Pour cela, nous avons inoculé des Tabacs (*Nicotiana Tabacum* var. Samson), d'une part, avec le virus de la Mosaïque du Tabac seul et, d'autre part, avec un complexe de virus comprenant du virus de la Mosaïque du Tabac et du virus X de la Pomme de terre.

Les Tabacs choisis présentaient cinq à six feuilles développées et le virus était inoculé par frottement, à la première feuille adulte comptée à partir du sommet de la plante.

Toutes les 24 h à partir du moment de l'inoculation, nous prélevions une plante dans les deux catégories de Tabacs inoculés et une plante non inoculée servant de témoin. Ces plantes étaient pesées et broyées dans leur poids de tampon phosphate : 0,067 M. pH 7. Après filtration et centrifugation, nous déterminions l'activité de la polyphénol-oxydase de ces broyats en mesurant l'absorption d'oxygène, à l'appareil de Warburg, en présence de catéchol. Nous avons, d'autre part, déterminé sérologiquement la quantité de virus à la fois dans la feuille inoculée et dans le reste de la plante par la méthode de dilution-limite de P. Limasset et H. A. de Montgremier [4].

L'examen des résultats traduits par le graphique ci-contre, montre que l'activité de la polyphénol-oxydase présente chez les plantes malades deux maximums.

Un premier maximum s'observe pendant une période s'étalant de 24 à 72 h, après l'inoculation; l'activité de cette enzyme atteint, en effet, 168 % de celle des plantes saines, chez les Tabacs inoculés avec le seul virus de la Mosaïque du Tabac (M. T.) et 210 % de l'activité des plantes saines chez les plantes hébergeant le complexe de virus (M. T. + X). Cette activité diminue vers les cinquième et sixième jours où elle devient alors comparable à celles des plantes saines. Puis un deuxième maximum apparaît de 8 à 10 jours après l'inoculation; l'activité des jus de plantes malades est alors de 197 et 264 % de l'activité des plantes saines chez les Tabacs M. T., d'une part, et M. T. + X, d'autre part.

Or, si l'on suit parallèlement l'évolution de la quantité de virus, on s'aperçoit que les 72 premières heures correspondent à une synthèse abondante de virus dans la feuille inoculée, tandis qu'à partir du sixième jour a lieu la généralisation de la maladie et la multiplication du virus dans tout le reste de la plante.

Il nous est impossible pour le moment d'interpréter ce phénomène, mais un autre fait a retenu notre attention, au cours de ces essais; nous

avons en effet constaté à l'aide de l'appareil de Warburg que les jus provenant de plantes malades présentaient la propriété d'absorber des quantités relativement importantes d'oxygène en l'absence de catéchol, alors que les jus de plantes saines en absorbaient très peu.

Cette observation nous a amené à penser que les plantes malades devaient présenter une accumulation de polyphénols. Nous nous proposons d'étudier ce phénomène, en vue de vérifier cette hypothèse.

(*) Séance du 24 mars 1958.

(1) A. F. Woods : *a. Centralb. F. Bakt. Parasitenkunde*, 5, 1899, p. 745; *b. Science*, 11, 1900, p. 17; *c. U. S. Dept. Agr. Bur. Plant. Ind. Bull.*, 18, 1902, p. 1.

(2) G. H. Chapmann, *Mass Agric. Exp. Station*, nº 31, 1913, p. 41.

(3) F. L. Wynd : *a. Bot. Rev.*, 9, 1943, p. 395; *b. Plant. Physiol.*, 18, 1943, p. 90.

(4) P. Limasset et H. A. de Montgremier, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1176.

(Station centrale de Pathologie végétale, C. N. R. A., Versailles).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Les variations annuelles des acides organiques du Pêcher.* Note (*) de M. **Alain Schneider**, présentée par M. Raoul Combes.

Les acides malique, citrique et quinique représentent au moins 90 % des acides organiques du Pêcher, dont les variations sont caractéristiques des différentes périodes d'activité de l'arbre. La proportion d'acide malique est faible dans les organes jeunes, tandis que celle de l'acide quinique est maximum. Les variations de l'acide citrique diffèrent suivant les organes.

Les acides organiques du Pêcher sont surtout connus dans les fruits (1), (2). Trois principaux acides y ont été signalés : quinique, malique et citrique, qui représentent environ 90 % de l'ensemble. Nous avons évalué, par chromatographie, qu'ils se trouvent au moins dans la même proportion dans les organes que nous avons étudiés : bourgeons, pousses feuillées, branches. Nous avons identifié, en outre, les acides suivants : oxalique, glycolique, lactique, malonique, succinique, fumarique, citramalique, pyroglutamique, shikimique.

Cette étude a été faite sur un arbre issu de semis, mûrissant ses fruits au mois de septembre, et poussant sous le climat de Toulouse. Il n'est pas impossible que des différences qualitatives ou quantitatives existent entre différentes variétés.

Au cours de l'année, l'activité végétative de l'arbre se manifeste différemment suivant les époques : à la fin de l'hiver, les bourgeons éclatent, puis ils se développent en formant des pousses feuillées, dans lesquelles nous distinguons l'apex (ensemble des jeunes feuilles repliées), la tige et les feuilles; au début de l'été, la croissance se ralentit, puis cesse, l'apex ne proliférant plus.

Il est intéressant de suivre les variations des acides malique, citrique et quinique au cours de ces trois périodes. Lorsque la croissance est active, l'acide quinique l'emporte partout sur les deux autres. Il prédomine surtout dans les organes jeunes, tandis que le malique y est peu abondant, cette opposition étant d'autant plus accusée que la croissance progresse davantage. L'acide citrique évolue différemment dans les feuilles et dans les tiges : sa proportion est particulièrement faible dans celles-ci où il est l'acide le moins abondant des trois; il dépasse l'acide malique dans les apex et les jeunes feuilles.

Lorsque la croissance cesse, il n'y a plus que des organes vieillissants; l'évolution de l'acide malique et de l'acide quinique, amorcée dans les organes les premiers formés, se poursuit. La proportion d'acide malique augmente à peu près parallèlement dans les tiges et dans les feuilles; celle de l'acide quinique diminue, mais beaucoup plus rapidement dans les tiges. La proportion d'acide citrique continue à diminuer dans les feuilles; elle augmente au contraire beaucoup dans les tiges. Dans les bourgeons axillaires, les variations sont les mêmes que dans ces dernières.

Pendant le repos végétatif, l'évolution n'est pas continue; dans un premier temps, l'acide citrique diminue, tandis que l'acide malique augmente, et ceci, plus dans les tiges que dans les bourgeons; l'acide quinique varie peu. Très tôt au cours de l'hiver; les bourgeons commencent à se gonfler, et les variations de l'acide citrique et de l'acide malique s'inversent. Le rythme de la végétation se traduit également par des variations de la quantité totale d'acides organiques; celle-ci augmente dans l'ensemble de l'arbre tant que la végétation est active; elle se stabilise ensuite dans les feuilles, mais décroît dans les rameaux. Pendant le repos de la végétation, les bourgeons s'appauvrissent en acides.

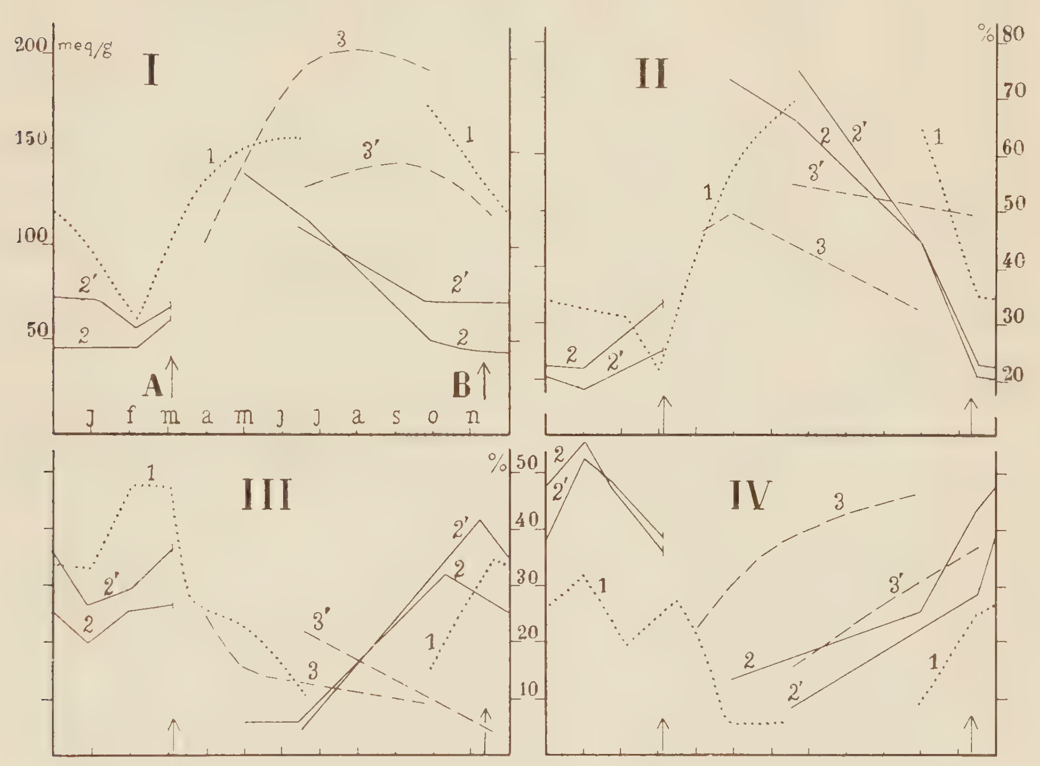
La comparaison de la courbe I avec les courbes II, III et IV, montre que l'acide quinique joue un rôle prépondérant dans les variations de la quantité totale d'acides, dans les tiges, les apex et les bourgeons axillaires, pendant la végétation et qu'il varie beaucoup plus dans ces organes que dans les feuilles.

Nous pouvons penser que la rapide diminution de cet acide, dans les bourgeons axillaires et les tiges, pendant la deuxième partie de la végétation, lorsque la croissance cesse, est due, en partie, à un intense besoin de la plante en cet acide, pendant cette importante période de sa vie, où les bourgeons se différencient, et où les réserves s'accumulent dans les tiges (aoûtement). Il est possible, en particulier, qu'il soit utilisé pour la formation de la lignine, par l'intermédiaire de l'acide shikimique [3].

Dans les organes jeunes ou en voie de croissance, la proportion d'acide malique diminue ou reste faible; l'abondance des synthèses peut, sans doute, expliquer ce fait; de plus sa formation, par l'intermédiaire du

cycle citrique, est peut-être freinée par l'acide malonique, considéré comme un inhibiteur de ce cycle, et qui se trouve à un taux plus élevé dans ces organes. L'augmentation de la proportion de l'acide malique dans les organes vieillissants a déjà été signalée chez les plantes annuelles [4].

La comparaison des courbes I et III montre que la quantité d'acide



I : Variations des acides totaux en milliéquivalents par gramme de poids frais, de décembre à décembre. Variations, en pourcentage du poids total d'acides, des acides quinique (II), citrique (III) et malique (IV).

Les courbes en pointillé représentent les variations dans les bourgeons à bois et les apex (1); les courbes en tirets, dans les moitiés inférieures (2) et supérieures (2′) des tiges des pousses feuillées; les courbes en trait continu, dans les feuilles portées par la base (3) et par la moitié supérieure (3′) des pousses. Les flèches indiquent l'époque de l'éclatement des bourgeons (A) et de la chute des feuilles (B).

Ces graphiques s'appuient, chacun, sur une trentaine de valeurs obtenues, pour le premier, par dosages potentiométriques; pour les trois autres, par évaluations sur chromatogrammes.

citrique est relativement stable pendant la végétation, dans les apex, les bourgeons et les tiges; les variations de ses proportions sont en grande partie dues à celles, inverses, de l'acide quinique. Dans les vieilles feuilles et, pendant le repos végétatif, dans les bourgeons et les tiges, il diminue, tandis que l'activité respiratoire est moins intense.

D'autres acides sont présents dans le Pêcher, qui n'ont pas encore été identifiés avec certitude; ils n'apparaissent qu'à certaines époques de l'année.

(*) Séance du 24 mars 1958.

(1) E. F. L. J. Anet et T. M. Reynolds, *Austral. J. Chem.*, 3, 1950, p. 267-275.

(2) E. Peynaud, *Ann. Agr.*, série A, 1950, p. 774.

(3) W. J. Schubert et F. F. Nord, *Indust. Eng. Chem.*, 49, n° 9, part. I, 1957, p. 1387.

(4) J. Carles, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 39, nos 9-10, 1957, p. 1177-1182.

(Laboratoire de Physiologie végétale de l'Institut catholique, et Laboratoire de Botanique appliquée de la Faculté des Sciences, Toulouse.)

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la silice du grain de blé.* Note (*) de Mlle **Liliane Delmas**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

Les relations du métabolisme de la silice de constitution (1) et de celui du phosphore ont été souvent mises en évidence chez les êtres vivants. Il a été montré, par exemple, que le silicium peut subvenir à une déficience en phosphore (2).

Dans le règne végétal, il est établi que la teneur élevée en SiO_2 des organes végétatifs du blé contraste avec celle, très faible, du grain alors que celui-ci, au contraire, accumule la majeure partie du P_2O_5 absorbé par la plante.

Nous avons étudié l'évolution de ces deux éléments dans les limbes des deux dernières feuilles, les glumes et le grain au cours de la formation de celui-ci. Ces différents organes ont été prélevés sur des plantes cultivées dans des conditions de végétation naturelles et nettement différenciées (champ d'expériences de la Station Agronomique de Grignon) : huit jours après la fécondation (stade I), puis au stade du grain laiteux (stade II) et à la maturité (stade III).

Tableau I.

(Milligrammes par gramme de matière sèche.)

	Apports à la végétation.	Depuis	Stades I.	II.	III.
SiO_2 totale..........	N. P. K.	1902	0,39	0,16	0,07
	N. K.	1929	0,40	0,14	0,09
	N. P.	1929	0,43	0,15	0,09
	Aucun	1902	0,49	0,16	0,10
	Fumier	1929	0,33	0,21	0,08
	P. K.	1929	0,40	0,14	0,11
P_2O_5 total..........	N. P. K.	1902	10,8	9,0	10,0
	N. K.	1929	9,3	7,9	7,9
	N. P.	1929	10,6	9,4	9,6
	Aucun	1902	11,7	9,0	9,5
	Fumier	1929	10,6	9,0	9,9
	P. K.	1929	11,0	9,0	10,2

Nous avons dosé d'une part SiO_2 et P_2O_5 totaux, d'autre part les formes « mobiles » de ces deux éléments : dans ce but, l'extraction du matériel végétal frais a été effectuée, pendant 20 h, par l'acide trichloracétique à 10 % à 0C°.

L'ensemble des résultats obtenus sera présenté ultérieurement.

Ceux concernant le grain permettent les principales conclusions suivantes :

1° A chaque stade considéré, les taux de SiO_2 totale varient peu entre eux et ceux en III révèlent, pour la silice, la constance relative de la composition du grain mûr en fonction des éléments apportés à la végétation. Seuls les taux du grain provenant d'une parcelle recevant exclusivement du fumier font apparaître une évolution particulière.

Comparée à celle du phosphore, l'absorption de la silice par le grain au cours de sa formation est différente : une diminution de 77 % en moyenne est observée de I à III pour SiO_2 alors qu'elle n'est que de 11 % pour P_2O_5 (ceci malgré l'accumulation des composés glucidiques).

2° Nous avons recherché si, après minéralisation, nos extraits acido-solubles contenaient de la silice : nous avons ainsi pu mettre en évidence une forme « circulante » [1] de celle-ci extraite dans des proportions rigoureusement reproductibles sur deux prises d'essai différentes. Les valeurs groupées obtenues à chaque stade (I : 0,14 à 0,17; II : 0,02 à 0,04 mg par gramme de matière sèche) permettent de considérer une fraction acido-soluble de la silice du grain, présentant un métabolisme caractérisé. En effet, cette silice « mobile » est utilisée progressivement pour la constitution du grain : environ 38 % de la silice totale sont extraits en I par l'acide trichloracétique (1 % dans les feuilles et glumes) alors que seules des traces peuvent être décelées à la maturité.

L'étude simultanée des formes phosphorées acido-solubles révèle par ailleurs l'étroite similitude des évolutions respectives du P_2O_5 minéral et de la silice mobile, illustrant de ce fait l'analogie du métabolisme de ces deux formes de migration dans l'élaboration des constituants du grain. Cette similitude est vérifiée jusque dans la position relative des différentes courbes traduisant ces deux évolutions. Quelques valeurs sont données pour exemples :

4° La présence bien établie de silice mobile participant à la formation du grain engage à considérer d'autre part la silice non acido-soluble. La représentation graphique des valeurs obtenues fait apparaître sinon une analogie stricte avec celle des formes phosphorées non acido-solubles, cependant une allure générale très semblable. Considérées dans un grain et non plus par gramme de matière sèche, seules parmi les fractions de la silice étudiées, les formes « fixes » augmentent de I à III dans tous les cas, exemple : « N. P. K. », + 16 %; « N. P. », + 2 %; « N. K. », + 42 %; « P. K. », + 77 %. Ce gain en SiO_2 fixe incite à considérer comme non

fortuitement présente la faible teneur en cet élément du grain à la maturité. Il convient de remarquer que les grains récoltés sur parcelles recevant azote et phosphore (« N. P. K. » et « N. P. ») constituent dès le stade I leur réserve en silice non acido-soluble.

5° Dans le but d'élucider le métabolisme de la silice, il est intéressant d'étudier l'influence sur celui-ci des différents déséquilibres nutritifs envisagés (3).

Ainsi dans le grain « N. K. » dont les taux de P_2O_5 total et acido-solubles révèlent nettement le défaut d'apport de phosphore, aucune relation d'ordre quantitatif ne peut être établie entre les fractions phosphorées étudiées et celles de la silice. Ceci apparaît dans les tableaux I et II; par ailleurs, la synthèse relativement importante de composés phosphorés non acido-solubles dans ce grain n'est pas associée à des valeurs excédentaires de silice fixe, exemple en II : SiO_2 : « N. P. K. », 0,13; « N. K. », 0,11; « P. K. », 0,10; P_2O_5 : « N. P. K. », 1,9; « N. K. », 2,9; « P. K. », 1,6 mg par gramme de matière sèche.

Tableau II.

(Milligrammes par gramme de matière sèche.)

	SiO_2 totale acido-soluble.			P_2O_5 minéral acido-soluble.			P_2O_5 total acido-soluble		
Grains...	N. P. K.	N. K.	P. K.	N. P. K.	N. K.	P. K.	N. P. K.	N. K.	P. K.
Stade I........	0,14	0,15	0,16	4,40	3,10	4,45	7,70	5,90	7,75
» II.......	0,03	0,03	0,04	1,50	0,97	1,56	7,10	5,00	7,40
» III......	Traces			0,36	0,17	0,43	7,35	6,10	8,40

Par contre, la déficience en azote (grain « P. K. » en particulier) entraîne les proportions les plus élevées non seulement de formes phosphorées mobiles, mais aussi de silice acido-soluble : l'intégration de ces formes de transport dans les constituants du grain s'avère alors plus difficile, ce que reflètent les valeurs des fractions fixes précitées.

Ces deux états de la silice étant mis en évidence, deux problèmes se présentent notamment : celui de la participation de la silice du grain à l'élaboration de la plantule et dans ce cas, celui de la réversibilité de ces deux états.

Les cultures que nous avons entreprises en milieu dépourvu de SiO_2 nous ont permis de trouver seulement de faibles quantités de silice dans la plantule quatre jours après le début de la germination : 0,04 mg par gramme de matière sèche, soit dans une plantule : 0,27 μg de SiO_2 (provenant vraisemblablement de celle de l'amidon du grain). Par contre, après trois semaines de culture, nous en avons trouvé 0,07 mg, soit 1 μg dans une plantule et mis en évidence un appauvrissement équivalent du grain.

Nos études actuelles devront montrer, en particulier, si la silice ainsi mobilisée, beaucoup plus lentement que le phosphore d'ailleurs, migre à l'état de silice acido-soluble.

(*) Séance du 24 mars 1958.

(1) E. KAHANE, *Bull. Soc. Philomath.*, 116, 1933, p. 27.

(2) *Voir* L. ROTHBUHR et F. SCOTT, *Biochem. J.*, 65, 1957, p. 241 et bibliographie.

(3) M. COPPENET, G. DUCET, J. GUÉRILLOT et E. KAHANE, *Ann. Agr.*, 17, 1947, p. 564.

(*Laboratoire de Chimie, École nationale d'Agriculture de Grignon, Seine-et-Oise.*)

CHIMIE AGRICOLE. — *Influence de la nutrition azotée sur les propriétés d'échange des racines.* Note (*) de Mme **DENISE BLANC**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

L'influence de la nutrition azotée sur les propriétés d'échange des racines était pressentie, en 1954, par Welch, Wallace et Mueller (1) dans une étude sur l'absorption par le végétal, d'ions introduits dans le milieu de culture sous forme adsorbée. En 1955, Wander (2), Cahoon et Crummett (3), et en 1956 Smith et Wallace (4) signalent une action possible de la nutrition azotée sur la capacité d'échange des racines, mais les résultats obtenus varient avec les formes d'azote et les espèces utilisées. Seuls Mc Lean, Adams et Franklin (5) ont mis en évidence une corrélation positive entre la capacité d'échange et la teneur en azote des racines d'une vingtaine d'espèces cultivées sur sable et alimentées par la solution de Hoagland diluée au 1/5e.

L'intérêt particulier qu'une telle observation présente pour la connaissance des caractéristiques des échanges ioniques au niveau des surfaces radiculaires, nous a incitée à reprendre l'étude du facteur azote de la racine dans ses rapports avec ses propriétés adsorbantes.

C'est ainsi que nous avons adjoint aux capacités de saturation déterminées selon la méthode indiquée dans un de nos précédents Mémoires (6), la teneur en azote organique total (méthode Kjeldahl) du matériel végétal à l'étude.

Ce matériel, obtenu dans des conditions identiques de milieu et d'alimentation, nous assure par sa grande diversité, une gamme étalée de capacités d'échange. Un nombre important de déterminations effectuées sur des racines de plusieurs porte-greffes de *Vitis vinifera* L., de divers clônes de *Pyrus cydonia* L., et de différentes graminées (*Phleum pratense* L., *Dactylis glomerata* L. et *Lolium perenne* L.) ne nous a pas permis de confirmer les résultats obtenus par Mc Lean et ses collaborateurs, que nous

nous adressions à des espèces différentes ou à différentes variétés d'une même espèce.

Dans une autre série d'expériences, nous avons fait varier le taux d'azote des racines étudiées, en agissant sur la composition des solutions nutritives alimentant les plantes. Ces essais ont porté sur *Phleum pratense* L., *Dactylis glomerata* L. et *Lolium perenne* L. Chacune de ces espèces a été soumise à des traitements différent par la teneur en azote nitrique des solutions nutritives, qui était respectivement de 1,5 et 10 méquiv/l. A la récolte les racines ont été soumises aux mêmes déterminations que dans l'essai précédent, à savoir : déterminations simultanées de la capacité de saturation en calcium et de leur teneur en azote total. Les résultats sont groupés dans le tableau suivant :

Teneur en azote de la solution nutritive (méquiv/l).	*Phleum pratense* L.		*Dactylis glomerata* L.		*Lolium perenne* L.	
	N (%).	C. E. (méquiv/100 g m.s.).	N (%).	C. E. (méquiv/100 g m.s.).	N (%).	C. E. (méquiv/100 g m.s.).
1.........	1,54	28,4	1,42	47,2	1,24	38,0
5.........	1,93	31,3	1,91	57,8	1,52	43,6
10.........	2,34	39,8	2,38	53,7	2,50	47,6

L'examen de ce tableau confirme l'absence de corrélation entre la teneur en azote total et la capacité de saturation d'espèces différentes. Il met, par contre, en évidence que, *pour une espèce donnée*, la teneur en azote organique des racines et leur capacité d'échange augmentent avec la teneur en azote de la solution nutritive.

Toutefois, l'examen des racines développées sur des milieux de richesse en azote nitrique variable, met en évidence une action très nette de la nutrition azotée sur la morphologie de la racine. En effet, en milieu carencé en azote minéral, le végétal développe un système radiculaire abondant et épais. Quand la concentration en nitrates du milieu augmente, les racines deviennent de plus en plus fines, de sorte que, pour un poids donné de racines, la surface radiculaire augmente. La capacité d'échange étant directement liée à cette surface, l'action de l'azote se traduit donc, effectivement, par une augmentation de la capacité d'échange. C'est donc, au moins en partie, par une action indirecte sur la morphologie de la racine, que l'azote est susceptible de modifier ses propriétés d'échange. Cette action peut entraîner des modifications sensibles dans l'absorption ultérieure des cations, dans l'équilibre divalents-monovalents du végétal, et intervenir dans les compétitions ioniques entre espèces.

(*) Séance du 24 mars 1958.

(1) Welch, Wallace et Mueller, *Soil Sc. Soc. Amer. Proc.*, 18, 1954, p. 137.

(2) WANDER, *Soil Sc. Soc. Amer. Proc.*, 15, 1955, p. 101-107.

(3) CAHOON et CRUMMETT, *Amer. Soc. Hort. Sc.*, 66, 1955, p. 364.

(4) SMITH et WALLACE, *Soil Sc.*, 82, 1956, p. 163.

(5) MC LEAN, ADAMS et FRANKLIN, *Soil Sc. Soc. Amer. Proc.*, 1956, p. 345.

(6) D. BLANC, *Ann. Agron.*, 1955, p. 616-683.

[*Centre de recherches Agronomiques de Provence (I.N.R.A.), Antibes.*]

ZOOLOGIE. — *Données sur le développement post-embryonnaire du Diplopode* Tachypodoiulus albipes *C. L. Koch*. Note (*) de M. **FRANÇOIS SAHLI**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Ces données concernent les formules segmentaires prédominantes de *Tachypodoiulus albipes*, l'amplitude des variations, le nombre des stades, le fonctionnement de la zone de croissance et la périodomorphose; mise en évidence de plusieurs mécanismes, facteurs de la variabilité du nombre des segments apodes et par là du nombre total des segments.

Nos connaissances sur les phénomènes d'anamorphose chez les Diplopodes Iulides sont peu nombreuses. Nous avons entrepris l'étude du développement post-embryonnaire de quelques espèces et nous nous proposons d'exposer ici des données concernant *Tachypodoiulus albipes* C. L. Koch.

Nos observations ont porté sur plus d'un millier d'Iules récoltés en Sarre [Sahli (1)] et sur quelques centaines d'exemplaires provenant des Hautes-Pyrénées (en Bigorre, dans les montagnes avoisinant le lac d'Orédon, à une altitude de 2 000 à 2 500 m). Les formules segmentaires des *T. albipes* examinés diffèrent notablement suivant l'une ou l'autre région. Nous envisagerons ici les résultats concernant les animaux pyrénéens.

Comme c'est le cas chez certains Diplopodes Opisthospermophores, le développement comporte, à chaque stade, une formule segmentaire prédominante [*cf.* à ce sujet nos observations (2) sur le développement post-embryonnaire de *Cylindroiulus silvarum* Meinert]; pour les stades 8, 9, 10, 11, 12 et 13 les formules segmentaires prédominantes sont respectivement les suivantes pour *Tachypodoiulus albipes* :

$$\frac{45}{6}, \quad \frac{49}{5}, \quad \frac{52}{4}, \quad \frac{54}{3}, \quad \frac{56}{3}, \quad \frac{57}{2}.$$

Nous admettons conventionnellement que la formule segmentaire est représentée par une fraction dont le numérateur exprime le nombre total des segments (collum + tous les segments pédifères + tous les segments terminaux apodes) et le dénominateur le nombre des segments terminaux apodes. Les valeurs trouvées diffèrent légèrement de celles signalées par Brolemann (3) pour les sujets provenant du Cirque de Gavarnie.

Il est de plus particulièrement instructif de considérer les « formules-limites normales » pour les mêmes stades. Nous entendons par formule-limite normale pour un stade donné un rapport où nous mettons en numérateur le plus petit et le plus grand nombre de segments du corps observés chez les individus possédant le nombre de segments apodes prédominant de ce stade et en dénominateur le nombre de segments apodes. Nous aurons ainsi pour les stades envisagés les valeurs suivantes :

$$\frac{41-49}{6},\quad \frac{45-53}{5},\quad \frac{48-56}{4},\quad \frac{50-58}{3},\quad \frac{52-60}{3},\quad \frac{53-61}{2}.$$

L'amplitude de variation pour un stade donné est ainsi de l'ordre de 8. Considérées d'une manière globale, les variations du nombre des segments du corps peuvent paraître fortes puisqu'elles s'échelonnent pour les mâles adultes entre 44 et 70, soit sur une différence d'au moins 26 unités (en effet, pour des mâles adultes provenant du chaos de Coumély près de Gavarnie à 1 200 m d'altitude, les variations sont encore plus fortes de 40 à 70, soit 30); mais ceci n'a rien de surprenant étant donné la grande différence d'âge des deux extrêmes.

Les *T. albipes* pyrénéens passent par un nombre élevé de stades, soit par exemple 15 à la limite inférieure pour la formule 55/2 et 24 à la supérieure pour 72/2, ce qui correspond à des âges approximatifs de 5 à 9 ans.

Tout comme le nombre total des segments du corps, celui des segments apodes est sujet lui aussi à des variations à un stade donné; nous avons relevé les chiffres suivants : stade 9 : 6-5-4-3; stade 10 : 5-4-3-2; stade 11 : 4-3-2-1; stade 12 : 3-2-1; stade 13 et suivants : 2-1. Cette variabilité peut naturellement avoir une répercussion sur le numérateur des formules-limites normales : ainsi quand un individu à formule-limite inférieure ou supérieure acquiert au stade suivant un nombre de segments apodes respectivement au-dessous ou au-dessus du nombre prédominant d'apodes.

De nombreux élevages individuels nous ont montré que, lors du passage d'un stade au suivant la totalité des segments apodes se transforme en segments pédifères. Le facteur de diversification d'une mue à une autre est uniquement le nombre de segments apodes néoformés. La variabilité du nombre total des segments du corps n'est fonction que de celle des apodes dont elle tire son origine.

Le mode fondamental du développement consiste d'abord en une diversification au cours des premiers stades due au nombre variable de segments apodes néoformés, puis en une stabilisation de la variabilité acquise; dans la grande majorité des cas, cette dernière ne s'amplifie plus et reste ainsi dans les bornes de ce que nous appelons les formules-limites normales.

La variabilité dans son ensemble n'est cependant pas le fait d'un seul

processus : il y a lieu de tenir compte d'autres mécanismes :

— l'aptitude de certains individus à former un nombre élevé de segments apodes (c'est-à-dire supérieur au nombre prédominant) se conserve parfois pendant plusieurs stades; nous citerons à l'appui le cas d'un sujet 50/6 du stade 9 répondant au stade suivant à la formule 54/5;

— contrairement au mécanisme précédent, le développement peut comporter des phénomènes de normalisation : un individu dont le nombre de segments apodes est à un stade donné supérieur au nombre prédominant peut à la mue suivante acquérir le nombre normal (par exemple, 50/6 du stade 9 donnant 53/4 ou 53/5 du stade 10 donnant 55/3);

— signalons enfin chez certains sujets une diminution brusque de la faculté de former de nouveaux segments apodes si bien que leur nombre devient inférieur au nombre prédominant; c'est ainsi que nous avons observé entre autres les successions : stade 9-10 : 52/6-53/2; 49/5-51/3; stade 10-11 : 51/4-52/2; stade 11-12 : 55/4-56/2.

En ce qui concerne la périodomorphose, nos observations sur le cycle des *T. albipes* sarrois concordent avec celles de Verhoeff (4). Les exemplaires pyrénéens se caractérisent par contre par une succession différente : remarquable est l'intercalation entre les stades adultes de deux, voire de trois états intermédiaires consécutifs. Une étude comparative des caractères sexuels somatiques du point de vue morphologique et histologique est en cours.

(*) Séance du 24 mars 1958.

(1) *Ann. Univ. Saraviensis*, *Sc.*, 4, 1955, p. 357-366.

(2) *Ann. Univ. Saraviensis*, *Sc.*, 4, 1955, p. 151-165.

(3) *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 56, 1927, p. 531-548.

(4) *Bronn's Kl. u. Ord. d. Tier-Reichs*, Leipzig, 5, 2, 1928-1932, p. 1-2084.

CYTOLOGIE. — *Réseau canaliculaire dans les myonèmes endoplasmiques de quelques Ciliés.* Note (*) de MM. **Emmanuel Fauré-Frémiet** et **Charles Rouiller**, présentée par M. Maurice Caullery.

La substance contractile des myonèmes du Cilié *Ophrydium versatile* est infiltrée par un réseau canaliculaire dépendant du reticulum endoplasmique.

Examinant au microscope électronique les sections ultra-fines de différents muscles striés : somites de larves d'Amblystomes, muscles squelettiques et myocarde de Rats, Porter et Palade (1) observent, autour de chaque sarcomère, un réseau plus ou moins compliqué de canalicules et de vésicules, connecté, dans sa région moyenne, avec d'autres canalicules présents dans le sarcoplasme. Il apparaît ainsi que les réseaux proprement

sarcomériens font partie d'un système lacunaire plus important décrit par les mêmes auteurs, sous le nom de « reticulum endoplasmique » dans nombre de cellules. Les canalicules et les vésicules constituant ce système sont délimités, dans le muscle, par des membranes lisses.

Porter et Palade supposent que ce reticulum et ses terminaisons péri-sarcomériennes peuvent assurer les échanges bio-chimiques, grâce à la continuité de leur contenu liquide, et qu'ils peuvent, d'autre part, transmettre des excitations, grâce à la continuité des membranes limitantes et aux effets de dépolarisation provoqués à leur niveau. Cette dernière hypothèse est également envisagée par Moore et Ruska ([2]).

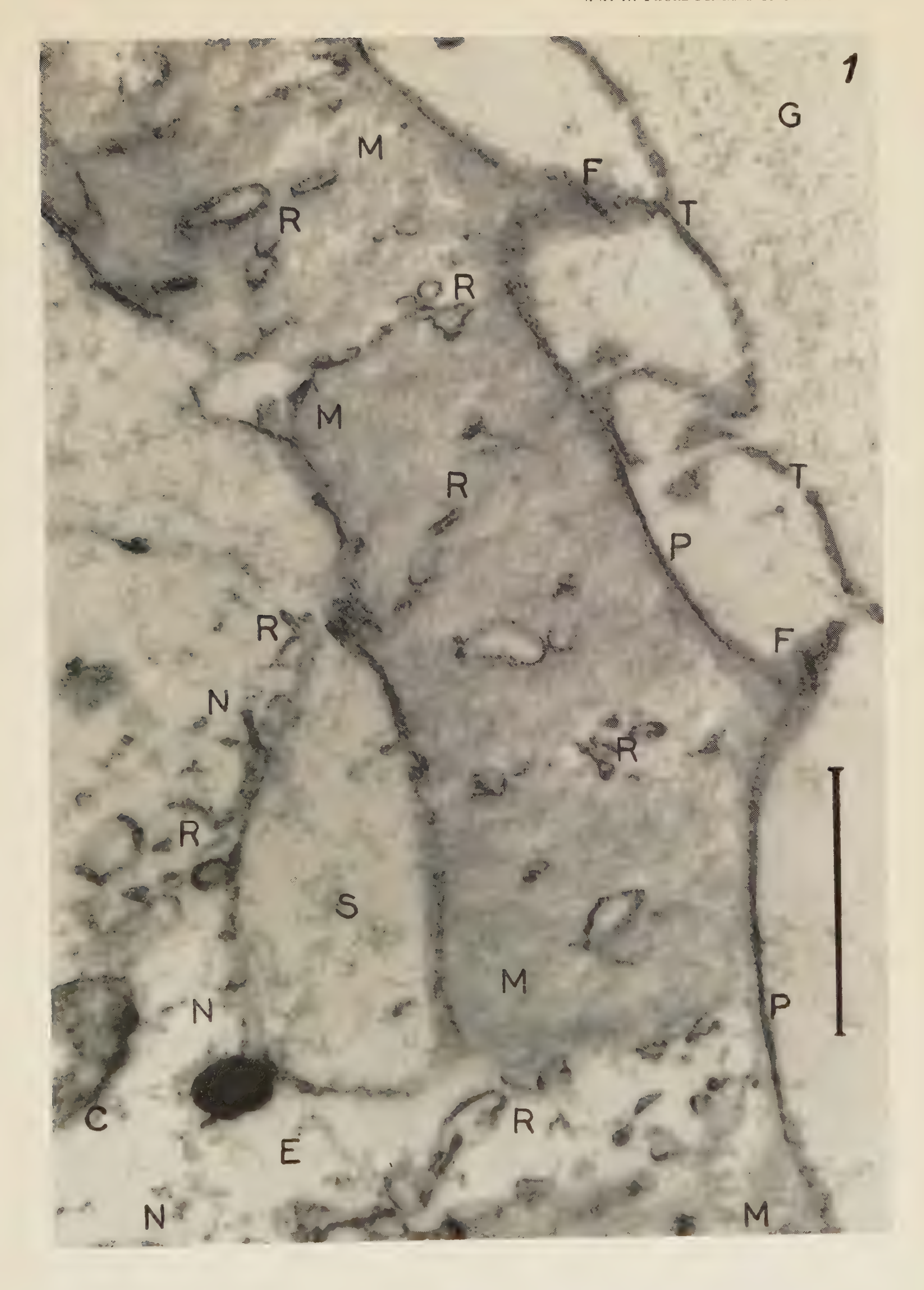
Nous avons constaté la présence, dans les fibres myoïdes de quelques Ciliés, de structures canaliculaires qui semblent comparables par leur nature, sinon par leur disposition, à celle des muscles striés.

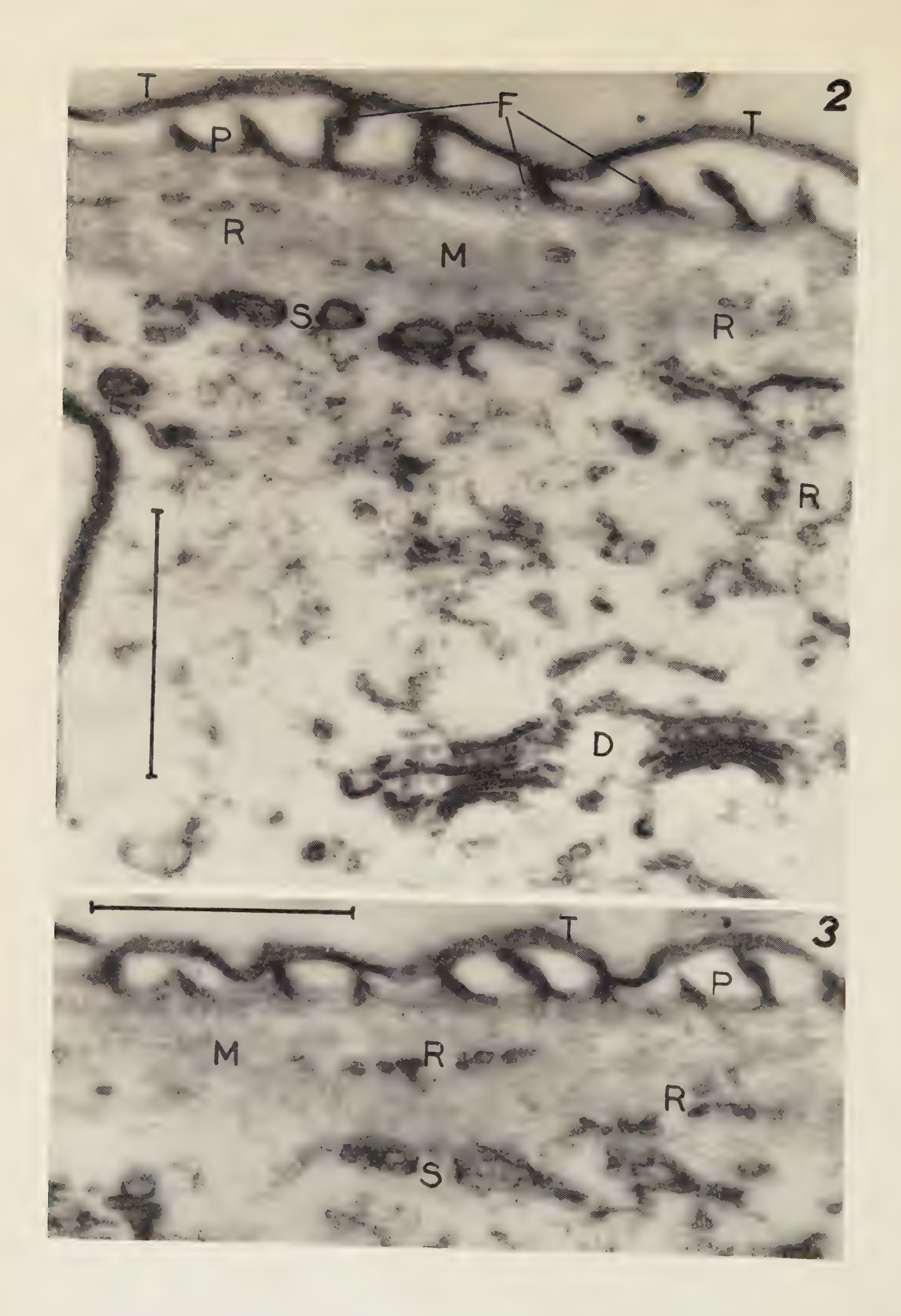
On reconnaît, chez les Ciliés, deux types de fibres contractiles, ou myoïdes [Fauré-Frémiet et Rouiller ([3]), ([4])]; ce sont : 1° les myonèmes ectoplasmiques, en rapport avec l'infraciliature, et montrant une structure feuilletée très caractéristique; 2° des fibres myoïdes endoplasmiques accusant une structure plus ou moins trabéculaire, et une texture dense mais peu définie. Parmi les Ciliés péritriches, *Ophrydium versatile* nous a donné, plus récemment, des images intéressantes concernant les myonèmes endoplasmiques bien différenciés. Le matériel a été fixé au mélange chromoosmique, inclus, après déshydratation, au méthacrylate de butyle.

Observations et micrographies avec le microscope électronique RCA EMU 3B. — Les *Ophrydium* sont très fortement contractiles; comme les *Vaginicolidæ* qui sécrètent un étui tubulaire, ces Infusoires, qui sécrètent une épaisse enveloppe mucoïde, peuvent atteindre une grande longueur en extension, et se rétracter profondément dans leur abri à la moindre excitation. Comme chez tous les autres Péritriches, l'examen à l'état vivant au microscope optique révèle la présence de myonèmes longitudinaux légèrement biréfringents en extension.

Les coupes transversales de l'Infusoire (contracté par le réactif fixateur) montrent (*fig.* 1) les myonèmes de section à peu près rectangulaire, larges de 2 à 3,5 μ, épais de 0,7 à 1 μ; leur face externe est étroitement appliquée contre la pellicule ectoplasmique, P, qui apparaît comme un trait mince et sombre, doublé, de part et d'autre, par une zone légèrement opacifiée de faible épaisseur et de contour incertain. Leurs faces latérales sont directement au contact du cytoplasme, E, et leur face profonde paraît s'appliquer contre la paroi distale d'un saccule plus ou moins aplati ou dilaté, S.

La masse interne des myonèmes, M, est constituée par une substance (sarcoplasme) paraissant très finement hétérogène sur les sections transversales et délicatement fibrillaire sur les sections longitudinales, ce dernier


1
G
M
F
T
R
R
M
R
T
P
R
F
N
R
R
S
M
P
N
C
R
E
N
M


2
T
F
T
P
R
M
S
R
R
D
3
T
P
M
R
R
S

aspect étant donné, non pas par de véritables fibrilles, mais par l'allongement parallèle de filaments si ténus que leur diamètre paraît être de l'ordre de 20 Å. Cet aspect rappelle la structure « myofilamenteuse » décrite par Mark [5] dans les muscles lisses des Vertébrés.

C'est dans l'épaisseur de cette substance contractile et apparemment orientée qu'on observe la présence de nombreuses lacunes limitées par une membrane lisse et bien contrastée; leurs diamètres varient assez largement entre 30 et 120 mμ environ; nombre d'aspects montrent qu'il s'agit soit de vacuoles, soit, plus souvent de canalicules contournés, ramifiés, portant de place en place des dilatations ampullaires et constituant ainsi un réseau endomyaire continu, R.

Nos précédentes observations sur les myoïdes endoplasmiques des *Opercularia* et des *Carchesium* nous avaient déjà montré l'existence d'un réseau lacunaire intérieur, mais les myonèmes plus nettement différenciés de l'*Ophrydium* constituent un matériel particulièrement favorable pour l'analyse de ces structures.

Ces canalicules endomyaires semblent directement inclus dans la substance myofilamenteuse, plutôt que dans une matrix granulaire comme dans certains muscles [5]. Ils sont reliés directement, comme de nombreuses images permettent de le constater, avec un réseau canaliculaire cytoplasmique. Celui-ci semble particulièrement développé dans les espaces qui séparent les myonèmes (*fig.* 1); d'autre part, les deux membranes étalées à la face interne des myonèmes semblent représenter l'enveloppe de saccules (*cisternæ* de Dalton et Palade) communiquant d'une part avec le réseau canaliculaire cytoplasmique et de l'autre avec le réseau endomyaire (*fig.* 1, 2 et 3).

Le réseau lacunaire est difficile à suivre dans l'ensemble de la masse cytoplasmique, occupée par le chondriome, les Algues symbiotes, les vacuoles alimentaires, etc.; on constate cependant la présence dans la région périphérique de l'Infusoire, de vésicules et d'éléments tubulaires qui appartiennent sans doute à ce réseau. D'autre part, on peut observer de place en place de petits empilements de saccules aplatis, associés à des vésicules et qu'on peut considérer comme des corps de Golgi (*fig.* 2, D);

Explication des figures. — (Le trait, sur les figures, représente 1 μ). *C*, chondriosomes; *D*, dictyosomes; *E*, endoplasme; *F*, crêtes épiplasmiques; *G*, gaine mucilagineuse; *M*, myonème et substance myofilamenteuse; *N*, granules ribonucléoprotéiques (?); *P*, pellicule épiplasmique; *R*, reticulum endoplasmique canaliculaire; *S*, saccules hypomyoïdes; *T*, cuticule.

Fig. 1. — Section à peu près transversale d'un myonème montrant les canalicules dans la substance myofilamenteuse et dans le cytoplasme.

Fig. 2 et 3. — Sections à peu près longitudinales de myonèmes.

ces dictyosomes, qui mesurent moins de 1 μ de large, sont comparables à ceux récemment décrits par M. Rudzinska [6] chez un Cilié tentaculifère et par C. Noirot-Timothée [7] chez des Ciliés Ophryoscolécides.

Nous décrirons, dans un autre travail, les canalicules à paroi lisse constituant le « spongiome » cortical de la vacuole contractile, chez *Ophrydium* et chez *Campanella*; les observations résumées ci-dessus permettent déjà de constater la présence, très générale, dans le cytoplasme des Ciliés, des structures lacunaires à parois lisses, correspondant à divers aspects du « reticulum endoplasmique » de Porter et Palade. Par contre, l'examen au microscope électronique de nombreux Ciliés appartenant à près de 30 espèces différentes ne nous a jamais montré l'aspect en doubles membranes à parois granuleuses, caractérisées par la présence des grains de Palade accolés, et correspondant à l'ergastoplasme. Le microscope électronique montre toutefois, chez l'*Ophrydium* et chez d'autres Ciliés, de très petits granules absorbants, correspondant peut-être à des particules ribonucléoprotéiques; mais ceux-ci restent libres dans le cytoplasme ou se rassemblent en très petits amas.

(*) Séance du 17 mars 1958.

(1) Porter et Palade, *J. Biophys. Biochem. Cytol.*, 3, 1957, p. 269-299.
(2) Moore et Ruska, *J. Biophys. Biochem. Cytol.*, 3, 1957, p. 261-268.
(3) Fauré-Frémiet et Rouiller, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 678.
(4) Fauré-Frémiet, Rouiller et Gauchery, *Arch. Anat. Microsc.*, 45, 1956, p. 139-161.
(5) Mark, *Anat. Rec.*, 125, 1956, p. 473-493.
(6) Rudzinska, *J. Protistol.*, 4, 1957, (Suppl.) p. 9.
(7) Noirot-Timothée, *Comptes rendus*, 244, 1958, p. 2847.

(Laboratoires d'Embryologie expérimentale et de Médecine expérimentale du Collège de France.)

PHYSIOLOGIE. — *Corrélations électro-encéphalographiques du conditionnement d'un stimulus intéroceptif intestinal.* Note (*) de MM. **György Adám**, **Michel Jouvet** et **François Michel**, transmise par M. Henri Hermann.

Les travaux de Bykov [1] et Aïrapetjanz [2] ont démontré la possibilité d'établir des réflexes conditionnés à partir de stimulus intéroceptifs.

La preuve de l'établissement d'une telle liaison temporaire a été apportée par l'analyse des réponses conditionnées au niveau des effecteurs moteurs ou salivaires.

Ces dernières années, l'étude électro-encéphalographique a permis de mieux analyser certains mécanismes concernant l'établissement de liaisons temporaires, en particulier dans le domaine des réflexes extéroceptifs [3]. Nous étudions ici les corrélations électro-encéphalographiques (E. E. G.) des variations dynamiques du conditionnement électro-cortical d'un

réflexe à point de départ intestinal dont les mécanismes ont fait l'objet d'études très détaillées [4].

TECHNIQUES. — Les expériences sont réalisées sur des chiennes sur lesquelles est effectuée une fistule de l'intestin grêle selon la méthode de Thiry-Vella. Les animaux sont porteurs d'électrodes corticales et sous-corticales chroniquement implantées et sont étudiés dans une cage insonorisée. L'activité électrique cérébrale est enregistrée sur un appareil E. E. G.

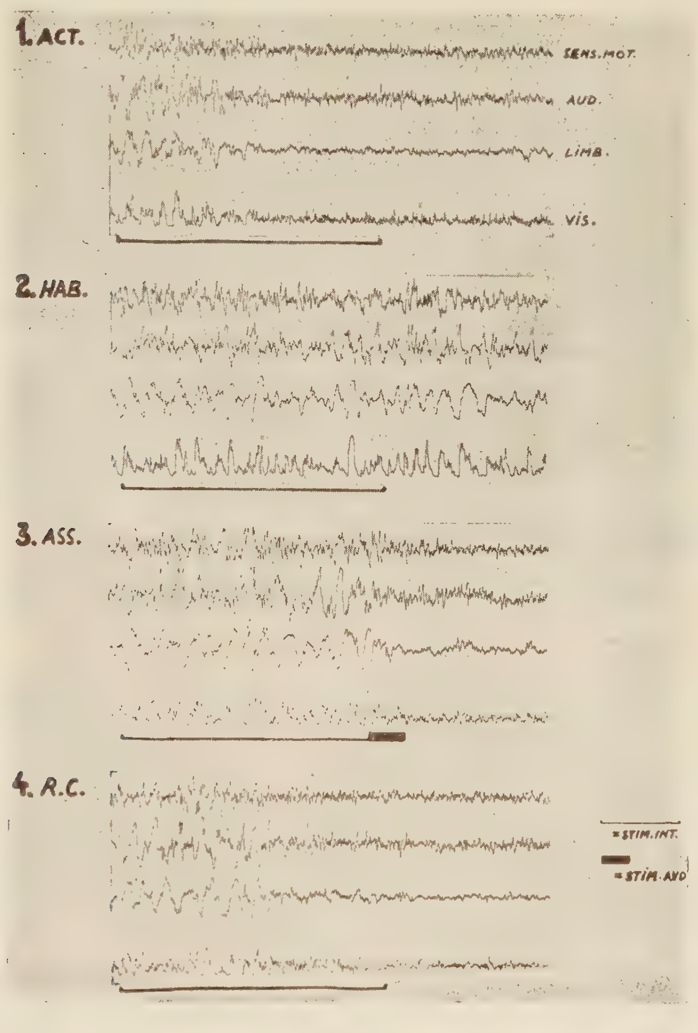


Fig. 1.

Le stimulus intéroceptif intestinal consiste en une dilatation rythmique (une par seconde) de l'anse intestinale isolée, par un ballon de caoutchouc, avec une pression de 20 mm de mercure. La durée de stimulation est

de 10 s. Les stimulus absolus consistent en :

a. Choc électrique sur la patte antérieure, délivrée au moyen d'une bobine d'induction, provoquant une réaction d'orientation, mais trop faible pour provoquer une réaction de défense;

b. Stimulus auditifs délivrés par un haut-parleur excité par un stimulateur;

c. Enfin, stimulation de la formation réticulée mésencéphalique (300 par seconde, 1 ms, 2 V).

RÉSULTATS. — 1. *Réaction d'éveil provoquée par le stimulus intéroceptif et son habituation.* — Sur un tracé électro-encéphalographique de base, lent, correspondant aux premiers stades du sommeil, le stimulus intestinal entraîne, *lors de sa première présentation,* l'apparition d'une activité rapide corticale et sous-corticale de bas voltage (réaction d'éveil) (*fig.* I-1) en même temps que le comportement de l'animal objective une réaction d'orientation. La répétition de ce même stimulus, après que le tracé soit redevenu lent, entraîne une « réaction d'éveil » de plus en plus courte. Et après un nombre de répétition, variable avec chaque animal, le stimulus intéroceptif n'entraîne plus aucune variation du tracé cortical ni aucune variation motrice visible (habituation) (*fig.* I-2, *fig.* II-A). Une fois le réflexe d'orientation éteint, il ne réapparaît pas lors de nouvelles stimulations intestinales si dans l'intervalle on a provoqué une activation corticale par des stimulus quelconques (*fig.* II-B).

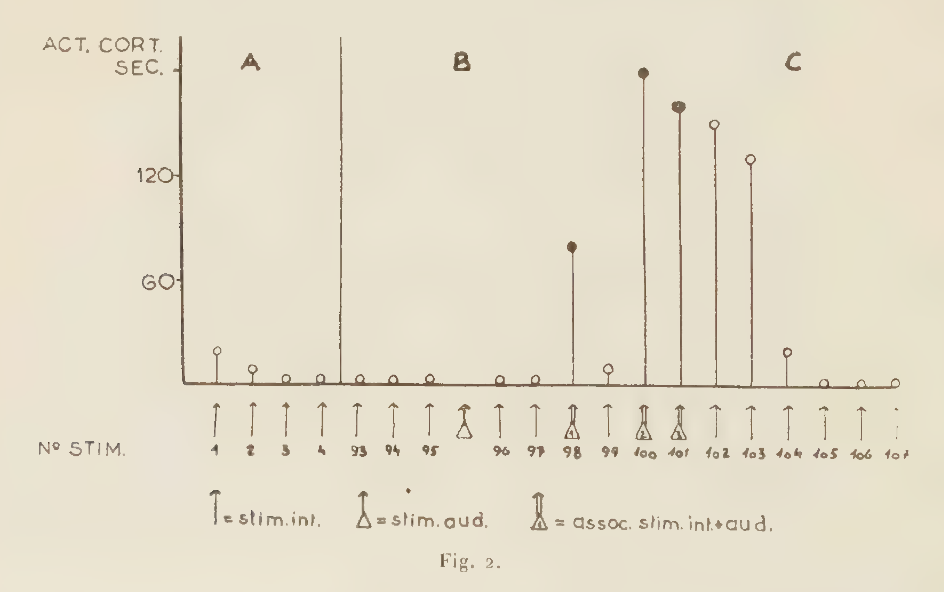


Fig. 2.

2. *Réaction d'éveil conditionnée provoquée par le stimulus intéroceptif et son extinction.* — Une fois l'habituation obtenue, l'association répétée (deux à cinq fois) du stimulus intéroceptif (stimulus conditionné) et d'un

stimulus sonore ou tactile (stimulus absolu suffisant pour déclencher une activation corticale) (*fig.* I-3) entraîne une apparition de la réaction d'orientation et de la réaction électrique d'éveil. Le stimulus conditionné fait apparaître à lui seul une activité rapide et de bas voltage (*fig.* I-4). Cette liaison temporaire obéit aux lois du conditionnement établies par Pavlov puisqu'elle peut être à son tour éteinte (*fig.* II-C).

DISCUSSION. — Ainsi, l'élaboration d'un conditionnement électro-cortical à point de départ intéroceptif démontre que les excitations afférentes intestinales atteignent les structures cérébrales au sein desquelles s'établissent les liaisons temporaires. Ce conditionnement intéroceptif électro-cortical obéit aux mêmes lois que certains conditionnements extéroceptifs [3].

L'activation corticale qu'entraîne la première stimulation intéroceptive implique la mise en jeu du système réticulaire activateur ascendant [5].

De même, dans les mécanismes d'établissement du réflexe conditionné électro-cortical, le rôle de la formation réticulée apparaît important puisqu'il suffit d'associer deux ou trois fois le stimulus intéroceptif « habitué » à une stimulation réticulaire provoquant une réaction d'éveil pour que la stimulation mécanique de l'anse intestinale à elle seule acquiert à nouveau un pouvoir activateur cortical.

CONCLUSIONS. — La stimulation mécanique d'une anse intestinale entraîne un réflexe d'orientation accompagné d'une réaction d'éveil électro-corticale. Après l'habituation du stimulus intéroceptif et après associations avec des stimulus tactiles, auditifs, ou la stimulation de la formation réticulée, la stimulation mécanique intestinale seule provoque une activation corticale conditionnée.

(*) Séance du 24 mars 1958.

(1) K. M. BYKOV, *Œuvres choisies*, 2, Medgiz, Moscou, 1955.

(2) E. SCH. AÏRAPETJANZ, *Die höhere Nerventätigkeit und die Rezeptoren der inneren Organe*, Volk u. Gesundheit, Berlin, 1956.

(3) *Conditionnement et réactivité en électro-encéphalographie* (*Colloque de Marseille*, 1955); *E. E. G. Clin. Neurophysiol.*, suppl. 6, 1957, p. 1-475.

(4) H. HERMANN et G. MORIN, *C. R. Soc. Biol.*, 115, 1934, p. 529.

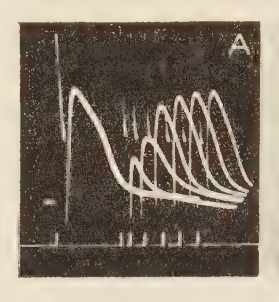
(5) G. MORUZZI et H. W. MAGOUN, *E. E. G. Clin. Neurophysiol.*, 1, 1949, p. 455.

(*Laboratoire de Physiologie de la Faculté de Médecine de Lyon.*)

NEUROPHYSIOLOGIE. — *Action d'un choc hyperpolarisant sur le potentiel d'action et le stade réfractaire du soma neuronique ganglionnaire de l'Aplysie.* Note (*) de M. **LADISLAV TAUC**, présentée par M. Robert Courrier.

Tasaki a montré récemment (1956) que le potentiel d'action qui se développe dans un seul nœud de Ranvier d'une fibre myélinisée peut être

aboli d'une façon « tout ou rien » par un choc électrique consistant en un bref passage d'un courant « entrant » d'une certaine intensité. En outre, le stade réfractaire absolu normalement présent est supprimé et une autre pointe peut être produite immédiatement. Ce même phénomène observé également par Stämpfli (1956) a été retrouvé par Tasaki et Hagiwara (1957) chez le Calmar pour le potentiel d'action de sa fibre géante, modifié par le chlorure de tétraéthylammonium. S'agit-il d'une propriété générale de la membrane excitable ? Nous le pensons à la suite de nos expériences sur le soma neuronique de l'Aplysie.



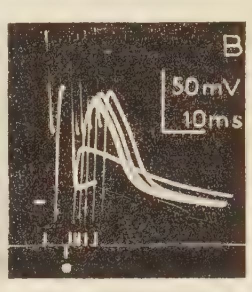


Fig. 1. — Enregistrements intracellulaires du potentiel d'action de la cellule nerveuse de l'Aplysie, stimulée directement à l'aide d'une microélectrode (*voir* schéma, *fig.* 3). Les chocs électriques produisent de brefs artefacts et sont en outre signalés au-dessous des enregistrements. Plusieurs tracés sont superposés.

En A, un deuxième stimulus bref immédiatement après la pointe ne donne lieu qu'au potentiel électrotonique ; en éloignant le deuxième stimulus, des potentiels d'action sont évoqués avec des amplitudes grandissantes.

En B, un choc bref hyperpolarisant (signal dirigé vers le bas) a été d'abord appliqué dans le cours de la pointe qui a été ainsi abolie. Un stimulus (signal vers le haut) qui suit à faible délai l'abolition devient de plus en plus efficace, en donnant lieu à une réponse, montrant ainsi que le stade réfractaire normal observé en A a été notablement réduit.

Le potentiel d'action provoqué dans une cellule nerveuse d'Aplysie par un stimulus bref appliqué par une électrode intracellulaire (Tauc, 1955) est suivi des stades réfractaires absolu et relatif; on les met en évidence en appliquant à la cellule un deuxième stimulus bref. La figure 1 A montre qu'immédiatement après la pointe (spike), la membrane reste encore complètement inexcitable; peu après des réponses peuvent être évoquées avec une amplitude qui grandit à mesure qu'on s'éloigne de la première pointe. Si, dans le cours de celle-ci, nous appliquons un choc bref hyperpolarisant, nous constatons que pour une certaine intensité de ce dernier, le tracé de la pointe rejoint le potentiel de repos (*fig.* 1 B). A ce moment, le stade réfractaire normalement présent est notablement réduit et le stimulus qui suit le choc hyperpolarisant avec un intervalle de seulement quelques millisecondes est efficace et donne lieu à une pointe d'amplitude normale.

L'abolition de la pointe est cependant suivie d'une très brève période

d'inexcitabilité d'une durée variable suivant la position relative du choc hyperpolarisant sur la pointe (*fig.* 2). Plus tardivement le potentiel d'action est aboli, plus longue est la période d'inexcitabilité. En général, si l'abolition a lieu dans le milieu de la phase descendante de la pointe, la durée de cette période est double de celle qui a lieu si la pointe est abolie au milieu de la phase ascendante. En valeurs absolues, ces durées changent d'une préparation à l'autre, mais oscillent en moyenne entre 2 et 6 ms.

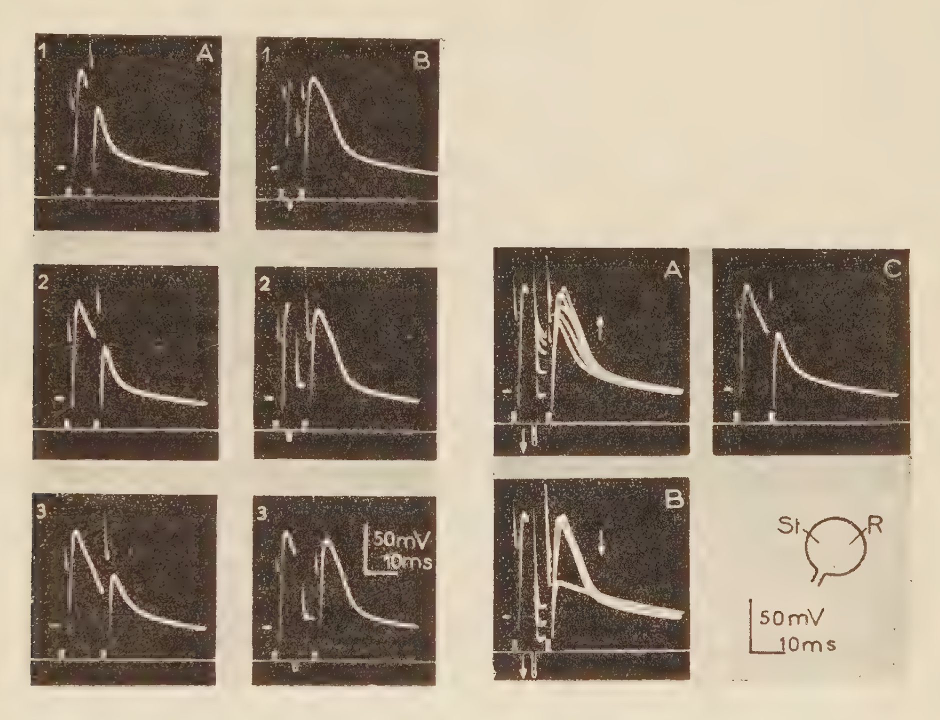


Fig. 2. Fig. 3.

Fig. 2. — Enregistrements intracellulaires montrant que les stimulus inefficaces lorsqu'ils sont appliqués à différentes périodes de l'évolution de la pointe (en A), deviennent efficaces si le potentiel d'action a été préalablement aboli par un choc hyperpolarisant (en B, signal dirigé vers le bas). La distance entre le choc hyperpolarisant et le deuxième stimulus représente la durée de la période d'inexcitabilité.

Fig. 3. — En A et B, enregistrements superposés des tracés obtenus par l'application dans le cours du potentiel d'action d'un choc hyperpolarisant d'une intensité croissante (signal dirigé vers le bas) suivi d'un stimulus. La comparaison avec le tracé C montre que même pour les intensités du choc qui n'abolissent pas complètement la pointe, le stade réfractaire est réduit. Une trop forte intensité du choc hyperpolarisant (en B) réduit de nouveau l'excitabilité de la cellule.

L'intensité nécessaire pour amener le tracé du potentiel d'action à la valeur du potentiel de repos dépend également de la position relative du choc hyperpolarisant sur la pointe. L'intensité nécessaire est maximum dans la phase ascendante et au sommet de la pointe; elle diminue progressivement dans la phase descendante.

L'intensité du choc hyperpolarisant qui amène juste le tracé de la pointe à la valeur du potentiel de repos est aussi celle qui réduit au maximum

le stade réfractaire. L'augmentation de l'intensité du choc au-delà de cette valeur allonge la période d'inexcitabilité à cause de l'hyperpolarisation excessive qu'elle impose à la cellule (*fig.* 3 B). Cette hyperpolarisation ne se dissipe que lentement, car la constante de temps de la membrane du soma neuronique de l'Aplysie est élevée (Fessard et Tauc, 1956).

Il est intéressant de remarquer que les chocs hyperpolarisants trop faibles pour abolir complètement la pointe, raccourcissent quand même plus ou moins la période réfractaire, suivant leur intensité (*fig.* 3 A). En outre, comme la figure le montre, même l'abolition de la pointe est un phénomène progressif et gradué. Il semble donc que le comportement de notre préparation soit comparable à celui du nœud de Ranvier à quelques différences près qui peuvent être dues au fait que la membrane de la cellule nerveuse ganglionnaire d'Aplysie possède des constantes biophysiques différentes (constante de temps plus de 100 fois plus grande) et des caractères d'excitabilité moins homogènes (Tauc, 1957).

(*) Séance du 24 mars 1958.

(1) A. Fessard et L. Tauc, *J. Physiol.*, Paris, 48, 1956, p. 541.
(2) R Stämpfli, *J. Physiol.*, Paris, 48, 1956, p. 710.
(3) I. Tasaki, *J. gen. Physiol.*, 39, 1956, p. 377.
(4) I. Tasaki et S. Hagiwara, *J. gen. Physiol.*, 40, 1957, p. 859.
(5) L. Tauc, *J. Physiol.*, Paris, 47, 1955, p. 769.
(6) L. Tauc, in *Microphysiologie des éléments excitables*, 67e Colloque international, 1955, C. N. R. S., Paris, 1957, p. 91-119.

(*Centre d'Études de Physiologie nerveuse du C.N.R.S., Paris, et Institut de Biologie marine d'Arcachon.*)

NUTRITION. — *Influence de l'auréomycine sur la régénération du foie après hépatectomie partielle chez le Rat blanc et chez le Poulet.* Note (*) de M. **Claude Calet**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

L'auréomycine inhibe la régénération hépatique à la fois chez le Rat adulte et chez le Poussin, alors qu'elle améliore nettement le taux de croissance de ce dernier. On ne peut pas invoquer une élévation de protéinogenèse pour expliquer le gain de poids provoqué par cette substance.

L'auréomycine ajoutée à très faible dose dans les régimes améliore le taux de croissance des jeunes animaux. Chez le Rat, nous avons précédemment montré [1] que l'augmentation du gain de poids n'est pas accompagnée d'une élévation de la protéinogenèse, mais se traduit par une lipogenèse plus intense. Nous avons également montré que le taux de l'acide désoxyribonucléique (DNA) du foie est réduit de 30 % sous l'effet de l'antibiotique. Dans ces conditions, la diminution importante du DNA

hépatique, dont la teneur par noyau cellulaire est rigoureusement constante, nous a fait supposer que le nombre des noyaux, et par conséquent le nombre des cellules du foie, se trouve réduit. On peut, dès lors, se demander si l'antibiotique ne provoque pas un ralentissement de la multiplication cellulaire de cet organe et, par voie de conséquence, si la réduction d'activité du foie n'explique pas l'abaissement de la protéinogenèse.

Pour le vérifier, nous avons emprunté la méthode de la régénération du foie après hépatectomie partielle. L'expérience a été conduite à la fois chez le Rat et chez le Poulet.

Essai chez le Rat blanc. — Le régime de base est complet et équilibré. Vingt-quatre rats en fin de croissance sont répartis en trois lots et sont élevés pendant 60 jours. Ils subissent alors l'intervention chirurgicale qui consiste à prélever les lobes médian et latéral gauche du foie.

Après quatre jours au cours desquels s'établit la régénération, les rats sont sacrifiés, les foies sont prélevés et analysés. Au cours de l'expérience, le plan d'alimentation est le suivant :

	Régime avant l'intervention.	Régime après l'intervention.
Lot I...........	Régime de base	Régime de base
» II..........	» »	R. B. + 100 mg/kg d'auréomycine
» III..........	R. B. + 100 mg/kg d'auréomycine	R. B. + 100 mg/kg d'auréomycine

Les résultats portant sur les modifications pondérales du foie figurent dans le tableau suivant :

	Lot I.	Lot II.	Lot III.
Poids du foie restant après l'intervention (calculé) (g)...	2,550	2,800	2,220
» du foie au sacrifice (g)........................	8,200	6,340	6,660
» du foie régénéré (g)........................	5,650	3,540	4,440
% tissu régénéré..................................	220 %	130 %	200 %
Azote par gramme de foie régénéré (mg)..............	27,85	27,30	28,3
» total du foie régénéré (mg)....................	158	96,5	124

L'effet d'inhibition exercé par l'auréomycine sur la régénération du foie apparaît avec une grande netteté. En valeur absolue, et encore mieux en valeur relative, le poids de foie régénéré est toujours plus faible lorsque l'animal reçoit l'antibiotique dans le régime. L'auréomycine provoque donc une réduction de la multiplication des cellules hépatiques. Toutefois, cette action dépressive est la plus marquée lorsque le traitement ne dure que quatre jours. Elle est moins importante chez le Rat habitué à la ration antibiosupplémentée, depuis le début de l'expérience. Ce fait recoupe les observations des auteurs qui pensent que les antibiotiques ont une efficacité pour la croissance, de moins en moins importante au fur et à mesure que la durée du traitement s'accroît.

Il est classique de dire que la masse active du foie est la représentation la plus fidèle de l'intensité des synthèses protéiques. Dans notre expérience, la diminution du poids de foie régénéré provoquée par l'auréomycine, permet de conclure que la protéinogenèse se trouve abaissée. De fait, la présence d'auréomycine dans le régime entraîne un abaissement du taux azoté du foie régénéré.

Essai chez le Poulet. — Deux lots de huit poussins d'un jour de sexe mâle, reçoivent le régime de base précédemment décrit. Pendant trois mois, le lot témoin I reçoit le régime de base seul, alors que le lot II est traité à l'auréomycine (40 mg par kilogramme de ration).

A la suite de l'intervention chirurgicale les poulets sont nourris avec les régimes initiaux, pendant un mois au terme duquel ils sont sacrifiés.

On observe alors les résultats suivants :

	Sans auréomycine.	Avec auréomycine.
Poids des poulets au moment de l'intervention (g)	1 080	1 350
» du corps au sacrifice (g)	1 440	1 880
» du tissu hépatique régénéré (g)	11,66	7,07
Pourcentage de régénération du foie	160 %	130 %
Azote par gramme de foie régénéré (mg)	29,5	27,4

L'auréomycine améliore la croissance du Poulet de 25 % par rapport au témoin. Toutefois, comme chez le Rat, la quantité du tissu régénéré et la teneur en azote du foie se trouvent réduites sous l'effet de l'antibiotique.

Dans ce deuxième essai, nous avons affaire à un organisme en croissance et nous avons pu suivre le développement corporel de l'animal au cours de la régénération hépatique. Ces observations portent à la fois sur le gain de poids du corps et l'accroissement de poids du foie, au cours de cette période.

Gains de poids hépatique et corporel au cours de la régénération.

	Sans auréomycine.	Avec auréomycine.
Gain de poids du poulet (g)	361	528
» du foie (g)	11,66	7,07
$\frac{100 \times \text{gain de poids du foie}}{\text{gain de poids du corps}}$	2,64	1,27

Sous l'effet de l'auréomycine, on assiste à un double phénomène. D'une part, la régénération du foie est moins intense et, d'autre part, le poids du corps s'accroît considérablement. La divergence des deux effets est encore plus significative si l'on considère le rapport (100 × gain de poids du foie/gain de poids du corps) qui se trouve diminué de plus de la moitié sous l'effet du traitement. Dans ces conditions, on dissocie complètement le rôle positif de l'auréomycine sur le développement de son action sur la

protéinogenèse puisque le bénéfice pondéral qu'elle provoque n'implique nullement une élévation parallèle de la protéinogenèse.

(*) Séance du 24 mars 1958.
(1) C. Calet, *Thèse Doct. Sciences*, Paris, 1956.

(*Station de recherches avicoles, C. N. R. S., Jouy-en-Josas.*)

NUTRITION. — *Mise en évidence chez le Mouton de la perméabilité du rumen aux vitamines* B *et conditions de leur absorption à ce niveau.* Note (*) de MM. **Alain Rérat**, **Jean Molle** et **Henri Le Bars**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

Le défaut d'absorption des vitamines B par le rumen dans les conditions normales d'alimentation du Mouton ne relève pas de l'imperméabilité de l'organe, mais du caractère irrésorbable des vitamines à ce niveau. La paroi du rumen est, en effet, parfaitement perméable aux vitamines B administrées sous forme libre.

Nous avons pu mettre en évidence par méthode indirecte (1) et par démonstration directe (2) le défaut d'absorption des vitamines B au niveau du rumen chez le Mouton normalement alimenté. Il faut donc admettre, soit que la paroi de cet organe est imperméable aux vitamines B, soit qu'à ce niveau ces vitamines se trouvent sous une forme inapte à la résorption. Pour tenter de résoudre la question, nous avons remplacé le contenu digestif de l'organe isolé par un liquide de Tyrode renfermant en solution des vitamines B sous forme libre et de l'acétate de sodium, substance facilement absorbée par le rumen. La technique générale est la suivante.

La paroi abdominale gauche du Mouton anesthésiée au chloralose est largement incisée depuis les muscles lombaires jusqu'à la ligne blanche. Le rumen est isolé par ligature au niveau du cardia et de l'orifice réseau-feuillet. Il est alors vidé de son contenu et lavé à plusieurs reprises au sérum physiologique. Quand l'intérieur de l'organe est propre, on y introduit la solution vitaminique qui représente trois à quatre fois les quantités totales trouvées dans le contenu de l'organe en cours de digestion. Pour suivre l'absorption éventuelle, nous avons eu recours à deux types de techniques en travaillant, soit sur le rumen en circulation sanguine normale, soit sur l'organe perfusé avec un sang étranger.

Rumen en circulation normale. — A intervalles de temps donnés, on suit les variations concomittantes des teneurs en vitamines et en acétate de la solution introduite et du sang efférent (tableaux I et II). Deux expériences (A et B) ont été faites.

Corrélativement aux diminutions des teneurs vitaminiques de la solution introduite dans le rumen, on observe un enrichissement considérable

du sang de cet organe pour toutes les vitamines considérées. Le rumen est donc perméable aux vitamines B quand elles sont sous forme libre. La résorption dans nos conditions expérimentales est si intense qu'il se produit également un enrichissement du sang périphérique après un certain laps de temps, ce qui laisse supposer que le foie ne retient pas immédiatement la totalité des vitamines résorbées.

TABLEAU I.

Variations des teneurs de la solution introduite dans le rumen (mg).

		Temps initial.	Après 120 mn.	Quantités disparues.	Pourcentage horaire de disparition.
B_1	A...........	105	80	25	12
	B...........	66,3	44,6	21,7	16
B_2	A...........	85	68	17	10
	B...........	72	57,5	14,5	10
PP	A...........	983	862	121	6
	B...........	846	712	134	8
PCa	A...........	200	156	44	11
B_{12}	A...........	10,4	8,7	1,6	8
	B...........	12,4	8,5	4	16
Acétate	A...........	17420	10520	6900	20
	B...........	7460	5984	1476	10

TABLEAU II.

Variations des teneurs du sang du rumen et du sang jugulaire

(en μg/ml sauf pour B_{12} en μg/l).

		Sang du rumen.					Sang jugulaire.		
		0 mn.	30 mn.	60 mn.	90 mn.	120 mn.	0 mn.	120 mn.	240 mn.
B_1	A...	0,073	0,184	0,227	0,211	0,236	–	0,073	–
	B...	0,080	0,240	0,394		0,630	0,078	–	0,255
B_2	A...	0,175	0,230	0,243	0,240	0,252	–	0,188	–
	B...	0,197	0,326	0,406		0,585	0,212	–	0,390
PP	A...	12,6	14,9	15,5	14,9	15,4	–	14,1	–
	B...	20,5	24,9	30,3		31,6	21,8	–	21,9
PCa	A...	0,271	0,430	0,496	0,520	0,613	–	0,280	–
	B...	0,311	0,714	1,188		1,824	0,276	–	1,256
B_{12}	A...	2,9	9,4	11,5	11,9	12,4	–	8,9	–
	B...	3,4	15,6	27		57,9	2,8	–	24,6
Acétate	A...	132	208	175	400	344	–	190	–
	B...	40,2	337	331		478	70,2	–	58,2

Rumen en perfusion. — Nous avons mis en œuvre le procédé antérieu-

rement décrit [2] qui consiste à perfuser un segment du tube digestif avec un sang étranger. Les résultats se trouvent dans le tableau III.

Tableau III.

Variations des teneurs de la solution introduite et du sang perfusé au niveau du rumen.

	Solution vitaminique : quantités totales (mg)		Sang de perfusion (en µg/ml sauf B_{12} en µg/l)	
	avant perfusion.	après perfusion (1 h 20).	avant perfusion.	après perfusion (1 h 20).
B_1	95	73	0,102	3,121
B_2	76	66,8	0,212	1,362
PP	1 244	1 043	16,0	69,5
PCa	167	145	0,338	6,750
B_1	7,79	7,12	1,91	63,2

Les résultats obtenus par la méthode de perfusion sont encore plus spectaculaires que ceux qu'on obtient par analyse du sang efférent : il y a une disparition massive des vitamines introduites en solution dans le rumen et un enrichissement considérable du sang de perfusion. Cette observation fait contraste avec le défaut d'absorption constaté pour les vitamines du contenu digestif normal. Il semble donc démontré que ce défaut d'absorption chez le Mouton normalement alimenté ne relève pas de l'imperméabilité des parois de l'organe, mais du fait que dans le rumen les vitamines sont parties constituantes de la microflore, et, par là même, sont irrésorbables.

Par ailleurs, nous avons noté le fait suivant. Une fraction seulement des vitamines disparues de la solution introduite dans le rumen se retrouve dans le sang de perfusion. Le rapport « quantité retrouvée dans le sang/quantité disparue de la solution » est même très faible et varie selon les vitamines de 3 à 8 %. Sans parler de destructions éventuelles, on peut penser à un stockage provisoire des vitamines dans la paroi du rumen. Nous avons pu démontrer la réalité de cette hypothèse, en pratiquant deux perfusions successives, la seconde étant réalisée après avoir remplacé la solution vitaminique du rumen par un liquide de Tyrode sans vitamines. Dans ces conditions, on note un enrichissement, non seulement du sang de la deuxième perfusion, mais également du liquide de Tyrode utilisé en remplacement de la solution vitaminée. Autrement dit, la paroi du rumen semble jouer un rôle régulateur dans l'absorption des vitamines libres, les retenant provisoirement avant de les libérer lentement dans un sens comme dans l'autre.

En conclusion, le rumen est perméable aux vitamines B lorsqu'elles sont sous forme libre et absorbable. Le défaut de résorption observé dans

les conditions normales d'alimentation relèverait uniquement du fait que, dans cet organe, les vitamines sont partie constituante de microorganismes qui n'ont pas encore subi l'action des sucs digestifs.

(*) Séance du 24 mars 1958.
(1) A. Rérat, H. Le Bars et R. Jacquot, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 679.
(2) A. Rérat, H. Le Bars et J. Molle, *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 1920.

(*Laboratoire de Biochimie de la Nutrition, C.N.R.S., Bellevue.*)

BIOLOGIE. — *Influence de l'âge de la plante-hôte sur le développement de* Meloidogyne incognita, *Nématode phytoparasite*. Note de (*) M. **Maurice Ritter** et Mme **Raymonde Ritter**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Nous avons indiqué, dans une Note précédente (1) les caractères du cycle d'un *Meloidogyne* proche de *M. incognita* var. *acrita* Chitwood 1949, nuisible à diverses cultures de nos régions méridionales. La durée de développement d'une génération a varié entre 25 et 90 jours dans les racines de la tomate *Lycopersicum esculentum* Mill.

Les travaux de Tyler (2) ont mis en évidence l'action prépondérante de la température sur le cycle de ces Nématodes, mais d'autres facteurs, liés à l'état physiologique de la plante-hôte, peuvent intervenir.

Nous avons précisé l'influence de l'âge du plant de tomate au moment de son repiquage en milieu infesté sur le développement ultérieur du parasite.

Dans une expérience réalisée en serre, des séries de cinq plants provenant de semis échelonnés tous les 10 jours, ont été mis dans des pots individuels de 8 cm de diamètre le 17 août 1956. Une masse d'œufs dont les larves étaient prêtes à éclore a été placée dans chacun d'eux à 3 cm de profondeur et à 1 cm des racines. La température moyenne des pots au cours de l'expérience a été maintenue aux environs de 22° C.

Les stades de développement atteints par les *Meloidogyne* à différentes dates d'observation sont indiqués dans le tableau I.

Les plants âgés sont envahis plus précocement que les plants jeunes et permettent un développement des *Meloidogyne* plus rapide. La proportion des Tomates non attaquées est plus importante parmi les séries les plus jeunes.

Les résultats d'un essai réalisé en plein champ, dans les conditions naturelles sont comparables aux précédents comme l'indique le tableau II.

Les plantes examinées avaient été mises en place dans un terrain moyennement contaminé, non cultivé jusqu'à la date de l'expérience. La tempé-

rature moyenne à 5 cm de profondeur a été de 23° C pendant la première période et de 21° C pendant la seconde.

TABLEAU I.

Développement de Meloidogyne incognita *dans des racines de tomates contaminées artificiellement en serre.*

Age des plants repiqués le 17 août.	Date des observations. 28 août.	3 sept.	12 sept.	26 sept.	10 oct.
75 jours..........	I_2	I_1, I_2, f	I_2, f	I_2, ♀ ω	Pl. morte
65 »	I_1, I_2	I_1, I_2, f	o	I_1, I_2	♀
55 »	o	o	I, I, f	o	♀
45 »	I_2	o	I_1	o	f, ♀
35 »	o	o	o	f	Pl. morte

Nous désignons par les termes : I_1, la forme filiforme infestante; I_2, la forme renflée conservant un rudiment de queue où s'accomplissent les dernières mues et f, la femelle juvénile encore allongée.

TABLEAU II.

Stades de développement atteints par Meloidogyne incognita *dans des racines de tomates*, 65 *jours après le repiquage.*

Date du repiquage..............	16 juillet.			17 août.		
Date du prélèvement...........	19 septembre.			21 octobre.		
Age de la plante repiquée (jours)...	23.	33.	43.	55.	65.	75.
Stades des *Meloidogyne*....	l_1	l_2, f, ♀	f, ♀	♀ ω	f, ♀ ω (éclosion)	♀ ω (éclosion)

L'éclosion des larves de la deuxième génération ne s'est produite que sur les plantes âgées d'au moins 65 jours au moment du repiquage. Le pourcentage des plantes attaquées a été également plus grand parmi les tomates provenant de semis précoces.

Des modifications physiologiques et biochimiques de la racine liées au vieillissement de la plante agissent sur la croissance des *Meloidogyne*. Leur nature devra être précisée.

Rappelons que les travaux de Oteifa ([3]), ([4]) ont montré qu'une déficience en potassium dans la nutrition de l'hôte ralentit le développement de *Meloidogyne incognita* chez *Phaseolus lunatus* L. Cet auteur a signalé en 1955 qu'un apport de nitrate permettait le développement d'un plus grand nombre d'individus sur chaque plante, à partir d'un « inoculum » identique.

Nos observations nous amènent à une conclusion pratique immédiate : l'intérêt pour le cultivateur de semer tard et de hâter la végétation des plants pour les mettre en place le plus jeunes possible.

(*) Séance du 24 mars 1958.

([1]) M. et R. RITTER, *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 1773.

(2) J. Tyler, *Hilgardia*, 7, (10), 1933, p. 391-415.
(3) B. A. Oteifa, *Photopathology*, 43, (4), 1953, p. 171-174.
(4) B. A. Oteifa, *Plant Dis. Rptr.*, 39, (12), 1955, p. 902-903.

GÉNÉTIQUE ÉVOLUTIVE. — *Le phénomène de métaplasie chondroïde induite par le virus choriotrope, et le problème de l'origine des Vertébrés.* Note (*) de M. **Roland de Ruyck**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Le virus choriotrope étant à même d'induire la formation de cartilage, peut-on envisager que des phénomènes de nature infectieuse aient pu jouer un rôle de causalité dans l'apparition du cartilage au cours de l'évolution ?

La différenciation du système réticulo-endothélial en cartilage sous l'action spécifique du virus choriotrope (1) soulève la question de la distribution du cartilage dans le règne animal et de son apparition au cours de l'évolution.

Chez les Invertébrés, le cartilage n'est que sporadiquement réparti dans quelques ordres appartenant à des embranchements différents. Parmi les Mollusques, on ne le trouve que chez les Céphalopodes et les Gastéropodes, parmi les Annélides dans quelques espèces de Polychètes; chez les Arthropodes (Crustacés, Arachnéides et Xiphosures) et les Entéropneusdes, il n'existe qu'un tissu chondroïde apparenté, mais différent du cartilage.

C'est chez les Vertébrés que le cartilage, intégré dans la métamérisation, constitue le matériel anatomique de base qui les distingue de tous les Invertébrés.

L'apparition du cartilage a été caractérisée par un certain nombre de faits :

1° Elle s'inscrit *dans le temps*, à un moment précis de l'histoire, situé au cours du Silurien au début de l'ère Primaire;

2° Elle a été, à l'échelle paléontologique, un événement *brusque*, discontinu, unique, qui ne s'est plus reproduit depuis;

3° Elle a eu lieu chez des animaux à *métamérisation* déjà bien développée, et phylogénétiquement proches des Tuniciers et des Acraniens;

4° Une fois que le cartilage est apparu, il a d'emblée donné naissance aux premiers Vertébrés en s'inscrivant, dès le début, dans la métamérisation. Il s'est trouvé ainsi à l'origine de toute l'orthogenèse des Vertébrés, et il a persisté *héréditairement* tout au long de celle-ci, depuis les Agnathes jusqu'aux Mammifères supérieurs, sans plus jamais disparaître.

Par ailleurs, la métaplasie cartilagineuse est, dans des conditions expérimentales précises, un phénomène tellement constant qu'il est permis de penser que, par le hasard des rencontres entre un hôte susceptible et

l'agent inducteur, il ait pu se produire spontanément dans la nature. Il montre, en outre, que certains virus animaux, loin de toujours se multiplier en parasites aux dépens de la cellule et d'être uniquement des agents

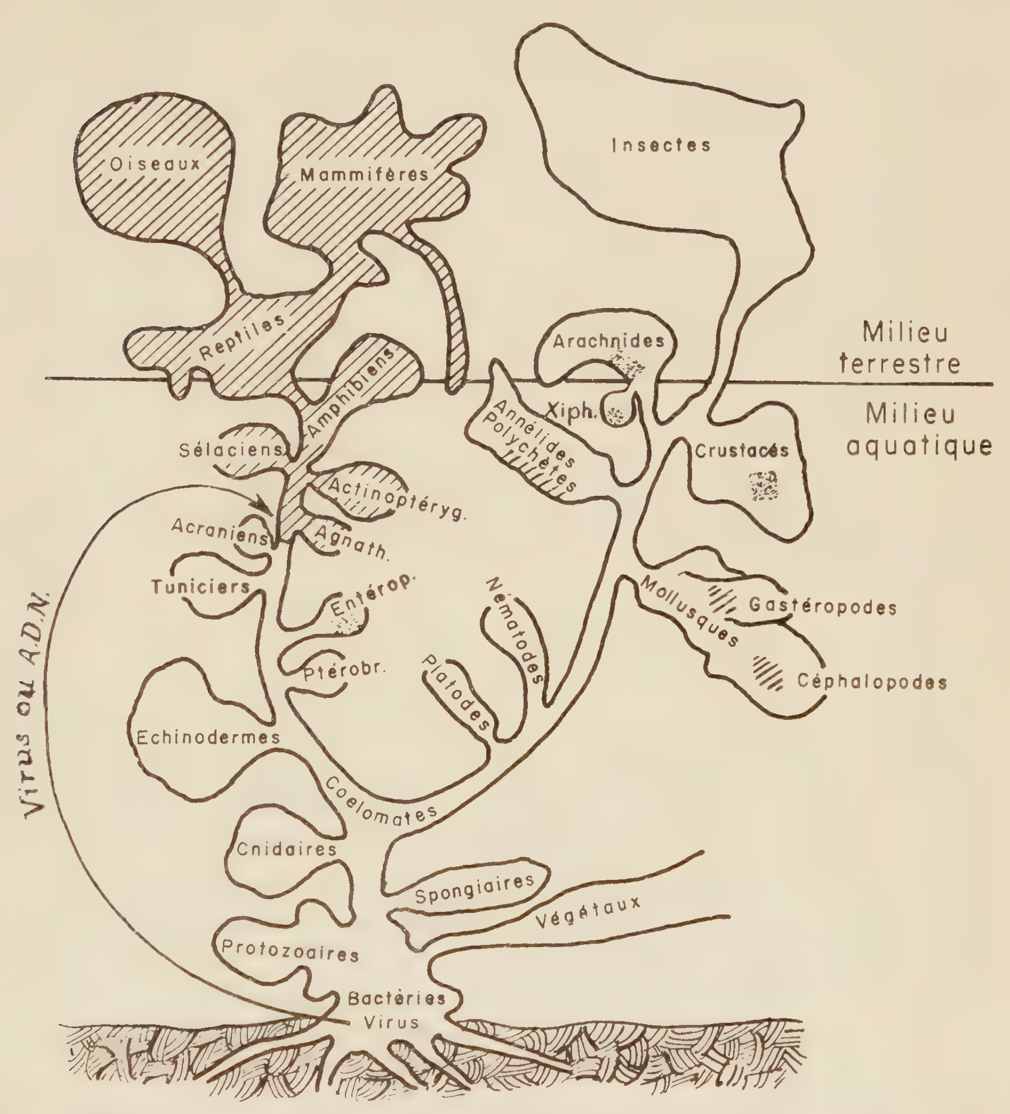


Fig. 1. — Arbre généalogique du règne animal, simplifié et adapté d'après L. Cuénot, montrant la distribution hétérogène du cartilage (hachuré) et des tissus chondroïdes apparentés (pointillé) parmi les groupes zoologiques. La flèche résume une hypothèse suivant laquelle un virus ou un acide désoxyribonucléique ait pu se trouver à l'origine de la différenciation cartilagineuse à la base du phyllum des Vertébrés.

de maladies, peuvent, en s'intégrant au génome des cellules de métazoaires — sans doute par des mécanismes analogues aux conversions et transductions bactériennes — inaugurer des différenciations nouvelles, et faire apparaître des propriétés physiologiques supérieures à celles des cellules

réceptrices et qui, de ce fait, correspondent à de véritables innovations.

On conçoit ainsi qu'à côté d'un rôle pathogène, certains virus aient pu, par leur pouvoir *morphogène*, jouer dans l'histogenèse des matériaux tissulaires qui constituent les êtres organisés un *rôle constructif et édificateur*.

La faiblesse de la théorie mutationiste de l'évolution est que, tout en expliquant les variations des caractères existants, elle n'a jamais pu rendre compte de l'acquisition de quelque chose de neuf (tel le cartilage) au cours de la phylogénie.

Par contre, une conception qui envisagerait les conséquences génétiques engendrées par des processus infectieux, et qui serait en même temps un champ d'investigations expérimentalement abordable, permettrait peut-être, à la lumière des *phénomènes de métaphasie tissulaire d'origine virale*, de comprendre qu'au cours des âges, des organismes appartenant à des groupes zoologiques très éloignés, aient pu, par l'intermédiaire de matériel nucléique transféré par des virus (et même, à la rigueur, par des acides nucléiques libres), s'influencer mutuellement et emprunter les uns aux autres le substrat génétique nécessaire à l'éclosion des fonctions et des espèces cellulaires inédites, qui a marqué l'avènement de nouveaux embranchements.

(*) Séance du 24 mars 1958.

(1) R. DE RUYCK, *Bull. Ass. fr. Cancer*, **44**, 1957, p. 205-220.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Formation d'iodothyronine à partir de diiodotyrosine sous l'action des ultrasons.* Note (*) de MM. **Paul Blanquet**, **Jean Mounier** et **Gaston Meyniel**, présentée par M. René Fabre.

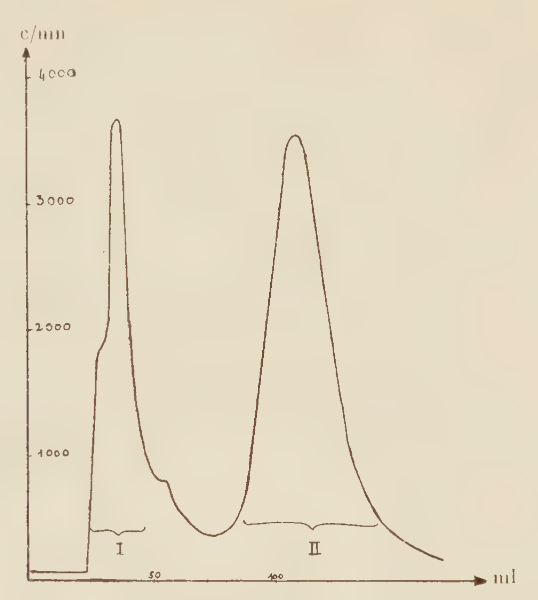
Sous l'action des ultrasons prennent naissance, dans les solutions aqueuses de diiodotyrosine à pH 4, des iodothyronines (avec un rendement très supérieur à 5 %), et de petites quantités de monoiodotyrosine.

Dans une Note précédente (1), nous avons montré qu'il est possible d'obtenir des acides aminés thyroïdiens marqués par contact avec une solution de ^{131}I préalablement soumise à l'action d'un faisceau d'ultrasons. C'est vraisemblablement à la suite de leur action oxydante que sont, en partie, réalisées les conditions d'échange définies par Miller (2), Larson (3) et Gleason (4). Nous inspirant des travaux de Harington (5), nous avons appliqué ce procédé d'oxydation à la formation des iodothyronines à partir des tyrosines iodées.

Dans ce but, des solutions aqueuses saturées de diiodotyrosine à pH 1,5, 4, 6,8 et 8 sont soumises à l'action d'un faisceau d'ultrasons ($N = 250$ kc/s ; $p = 6$ W/cm^2) durant 35 mn. Les composés formés sont

marqués par échange ^{131}I-^{127}I dans le milieu réactionnel additionné à cet effet de 500 μC de ^{131}I.

Les dérivés iodés ainsi obtenus sont identifiés, soit par chromatographie sur résine Dowex anionique ([6]), soit par chromatographie classique en butanol acide.



Nous nous sommes d'abord assurés qu'il n'y a pas formation d'iodothyronines radioactives dans les solutions non ultrasonnées, traitées par ailleurs d'une manière identique. Dans ces conditions, seuls des atomes de ^{127}I de DIT s'échangent avec ^{131}I minéral.

Par contre, l'analyse des mélanges ultrasonnés montre, outre la présence d'iode minéral et de diiodotyrosine marquée, celle d'iodothyronine radioactive, mais seulement pour les pH 4 et 1,5. Ces résultats contrastent sans s'opposer à ceux d'Harington et Pitt-Rivers (*loc. cit.*), qui, en présence de H_2O_2, obtiennent le meilleur rendement à pH 10. En effet, la méthode d'identification des composés formés que nous utilisons implique l'inclusion d'iode radioactif dans leur cycle. Or, l'échange ^{127}I-^{131}I dans la molécule des thyronines et tyrosines iodées, nécessite des conditions rigoureuses et en particulier, la présence d'iode libre. Il n'est donc pas exclu que des iodothyronines se soient formées en quantité plus grande pour des valeurs plus élevées du pH.

Nos conditions expérimentales ne permettent pas de déterminer le rendement exact de la réaction DIT → Iodothyronines, puisque nous décelons seulement les molécules radioactives. La chromatographie sur résine permet, cependant, de préciser la distribution de la radioactivité mise en œuvre. Ainsi, à pH 4 ([7]), 20 à 50 % de ^{131}I se fixe sur les composés

organiques. La chromatographie sur résine sépare deux groupes de molécules marquées correspondant aux iodothyronines (I) et à la diiodotyrosine (II) [8]. Sur la figure ci-jointe, la radioactivité du groupe I représente 10% de la radioactivité totale et, celle du groupe (II), 35%. Dans ce même cas, si l'on calcule la concentration des iodothyronines par rapport à la DIT, on trouve que 6 % de la diiodotyrosine donne de la thyroxine, en supposant le cas le plus défavorable où la DIT est marquée par un seul iode, où seul le dérivé tétraiodé se forme et où ses trois iodes 127 s'échangent. En admettant encore que 22 % de la DIT peut être détruite [5] lors de la formation de la thyroxine, le rendement atteint 4,4 %, supérieur à celui obtenu par Harington et Pitt-Rivers (2,8 % à pH 10).

Outre la formation d'iodothyronines, d'autres réactions prennent naissance et, en particulier, une réaction de déshalogénation. On voit en effet, sur le graphique d'élution, l'amorce d'un pic pour les abscisses 47 à 56 correspondant à la MIT. Enfin, l'étalement et le déplacement du sommet de la bande correspondant aux iodothyronines nous incitent à penser que des iodothyronines, autres que la thyroxine, se forment également dans ces conditions.

(*) Séance du 24 mars 1958.

[1] J. Mounier, P. Blanquet et G. Meyniel, *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*, **96**, 1957, p. 3.

[2] W. Miller, G. Anderson, R. Madison et D. Salley, *Sciences*, **100**, 1944, p. 340.

[3] F. C. Larson, D. M. Coulson et E. C. Albright, *J. Biol. Chem.*, **196**, 1952, p. 45.

[4] G. I. Gleason, *J. Biol. Chem. U. S. A.*, **213**, 1955, p. 837.

[5] C. R. Harington et R. V. Pitt-Rivers, *Bioch. J.*, **39**, 1945, p. 157.

[6] P. Blanquet, G. Meyniel, J. Mounier et C. A. Tobias, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **39**, 1957, p. 419.

[7] Cette valeur du pH paraît la plus favorable aux substitutions ^{127}I de la thyroxine par ^{131}I.

[8] Pour la technique chromatographique sur résine utilisée, l'abscisse des pics des acides aminés iodés a pour valeur respective : 27 à 35 pour les iodothyronines; 50 à 60 pour les MIT et 100 à 115 pour DIT.

(*Laboratoire de Physique de la Faculté de Médecine de Bordeaux.*)

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Mise en évidence d'un facteur indispensable à l'activité de la triphosphopyridine nucléosidase.* Note (*) de M. **Bernard Lubochinsky**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

L'hydrolyse de la liaison nicotinamide-ribose du triphosphopyridine nucléotide (TPN) sous l'action d'une enzyme spécifique, la triphosphopyridine-nucléosidase (TPN-ase), requiert la présence d'un facteur dialysable et thermostable.

E. C. G. Hofmann et S. Rapoport ayant obtenu, à partir d'une poudre acétonique de réticulocytes de lapin, une préparation hydrolysant le

diphosphopyridine-nucléotide (DPN) mais non le TPN, ont conclu à la probabilité de l'existence de deux enzymes différentes ([1]).

Nous avons montré dans un travail antérieur qu'il existe une TPN-ase différente de la DPN-ase : la TPN-ase est inhibée par la cortisone, la DPN-ase ne l'est pas ([2]).

La purification partielle de cette TPN-ase a permis la mise en évidence d'un facteur nécessaire à son activité.

Conditions expérimentales. — La préparation enzymatique est un extrait de poudre acétonique de foie de pigeon; 500 mg de poudre sont homogénéisés dans 10 ml de solution de Tris [tris (hydroxyméthyl) aminométhane] 0,05 M, pH 7,4; une centrifugation permet d'obtenir un surnageant : c'est l'extrait brut.

L'extrait brut est chauffé à 60° durant 5 mn, rapidement refroidi et centrifugé. La DNP-ase est ainsi détruite, l'activité spécifique de la TPN-ase est doublée.

Le nouveau surnageant est fractionné au sulfate d'ammonium. Les protéines qui précipitent entre 0 et 50 % de saturation (350 g/l à 0°) sont recueillies par centrifugation et dissoutes dans 5 ml d'eau. Cette préparation, dialysée 16 h à 0° contre du Tris pH 7,4, 0,01 M, contient l'enzyme dépourvue de facteur.

Pour préparer le facteur, nous utilisons l'extrait brut. Ce dernier est chauffé 10 mn à 100° pour éliminer l'activité enzymatique, puis centrifugé. Le surnageant est utilisé tel quel, il contient le facteur. Toutes les centrifugations précédentes se font à 16 000 g durant 20 mn à 0°.

Nous dosons les pyridine-nucléotides par le cyanure de potassium ([3]) ou par les méthodes enzymatiques spécifiques classiques.

Chaque expérience comporte : TPN (ou DPN), 0,5 μMol; Tris pH 7,4, 100 μMol; extrait enzymatique, 0,20 ml (environ 1 mg de protéine). Facteur, quand il y a lieu, 0,5 ml. Volume final, 1,2 ml. Incubation, 30 mn à 39°. La réaction est arrêtée en plaçant les tubes 2 mn au bain-marie bouillant.

Résultats. — Voici un résultat obtenu dans ces conditions :

	TPN hydrolysé (10^{-7} M).	DPN hydrolysé (10^{-7} M).
Sans facteur	0,04	0
Avec facteur	1,26	0

Le traitement de l'extrait obtenu à 60° par du gel de phosphate de calcium en faible quantité, 50 mg de poids sec de gel pour 100 mg de protéines, permet également la mise en évidence du facteur : l'activité de la TPN-ase obtenue après élimination du gel est accrue par l'addition de facteur.

	TPN hydrolysé (10^{-7} M).
Sans facteur	0,21
Avec facteur	0,84

E. C. G. Hofmann (4), qui utilise le gel de calcium pour purifier la DPN-ase, a constaté la perte d'activité de sa préparation sur le TPN.

Par contre, après une dialyse de trois jours de l'extrait brut, si l'activité de l'enzyme baisse, l'addition de facteur n'a pas d'influence sur l'hydrolyse du TPN.

On peut extraire le facteur de sa solution par adsorption sur la résine anionique Dowex 1 (× 2) activée par ClH; après élimination de la résine, la solution n'active plus la TPN-ase.

Il est ainsi démontré que la TPN-ase ne manifeste son activité qu'en présence d'un facteur. Nous n'avons pas réussi à démontrer le même fait pour la DPN-ase.

L'existence de ce facteur, thermostable, dialysable seulement dans certaines conditions, explique quelques-unes des difficultés que nous avons rencontrées au cours de la purification de la TPN-ase.

(*) Séance du 24 mars 1958.

(1) E. C. G. Hofmann et S. Rapoport, *Biochem. Biophys. Acta*, **18**, 1955, p. 296.
(2) B. Lubochinsky et J. Stolkowski, *Comptes rendus*, **244**, 1957, p. 952.
(3) S. P. Colowick, N. O. Kaplan et M. M. Ciotti, *J. Biol. Chem.*, **191**, 1951, p. 447-459.
(4) E. C. G. Hofmann, *Naturwissenschaften*, **44**, 1957, p. 261-262.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Métabolisme artériel, vieillissement et athérome.*

Note (*) de MM. **Paul Mandel**, **Virgile Pantesco** et Mlle **Janine Viaud**, présentée par M. René Fabre.

Les aortes de bovidés et de lapins dégradent par glycolyse anaérobie les trois quarts du glucose consommé et possèdent de ce fait de faibles disponibilités d'énergie. On formule l'hypothèse que le mauvais rendement énergétique est à l'origine du vieillissement des artères et de l'athérome. L'analogie avec le cristallin est invoquée.

A la suite de recherches sur la biochimie du cristallin poursuivies en collaboration avec Nordmann, Zimmer et Klethi (1), (2), (3), l'un de nous a formulé une hypothèse (4) selon laquelle le phénomène de vieillissement que cet organe manifeste avec une régularité rigoureuse serait dû aux répercussions d'un métabolisme énergétique déficient sur le renouvellement des protéines. En effet, le cristallin dégrade les trois-quarts du glucose consommé par glycolyse anaérobie, soit avec une production d'énergie très inférieure à celle de l'oxydation aérobie. La conséquence en est une

faible teneur en composés riches en énergie type adénosine triphosphate, autrement dit des disponibilités d'énergie limitées. Avec l'âge, le taux des composés riches en énergie diminue encore ([3]). Or, il faut de l'énergie pour le renouvellement des protéines de constitution et la synthèse de protéines enzymes qui interviennent à leur tour dans le métabolisme. La réduction des disponibilités en énergie compromet évidemment le renouvellement et les synthèses. Il s'ensuit un amenuisement de la production d'énergie et des perturbations de plus en plus accusées de l'état dynamique des protéines. En définitive, il s'institue un cercle vicieux : la réduction de l'activité enzymatique appelant une baisse de la production d'énergie et celle-ci entraînant un trouble de l'anabolisme des protéines; une carence encore plus prononcée de la production d'énergie en résulte.

Nous nous sommes demandés s'il n'existe pas une analogie entre le cristallin et le tissu artériel qui manifeste également une forte tendance au vieillissement et dont un aspect est offert par l'athérome. Rappelons que l'intima des artères et une partie de la média se nourrissent comme le cristallin, par imbibition.

Pour répondre au problème posé, nous avons étudié *in vitro*, parallèlement, la consommation d'oxygène et la production d'acide lactique des aortes de veaux et de lapins. D'après la quantité d'oxygène consommé, déterminée à l'appareil de Warbourg en milieu de Krebs, nous avons évalué le glucose dégradé; connaissant les valeurs d'acide lactique produit, il a été possible de calculer la part de la glycolyse anaérobie et de l'oxydation aérobie dans la dégradation du glucose.

Le tableau ci-dessous révèle que la part de la glycolyse dans la dégradation du glucose est de l'ordre de 82 % pour les bovidés jeunes, 85 % pour les bovidés adultes et 75 % pour des lapins d'âges divers.

Valeurs rapportées au poids frais.

	Acide lactique (µmol/g/h).	O_2 (µmol/g/h).	Glucose (µmol/g/h).	Glycolyse (%).	Oxydation (%).
Bovidés jeunes............	1,58	0,67	0,90	85,6	14,4
	± 0,70	± 0,27	± 0,35	± 5,9	± 5,8
Bovidés adultes............	1,45	0,94	0,91	82,5	17,5
	± 0,42	± 0,32	± 0,25	± 5,7	± 5,7
Lapins....................	1,25	1,38	0,87	73,0	26,0
	± 0,24	± 0,40	± 0,22	± 9,11	± 2,2

On retrouve donc pour l'aorte une combustion avec un mauvais rendement énergétique comme dans le cas du cristallin. Nous avons recherché par la suite la teneur en liaisons riches en énergie des aortes rapidement prélevées et immédiatement congelées après le sacrifice de l'animal.

Voici, brièvement résumée, la technique employée. Le phosphore hydro-

lysable en 10 mn et en milieu chlorhydrique normal est déterminé, d'une part directement sur l'extrait trichloracétique, d'autre part sur l'effluat après passage de cet extrait neutralisé sur colonne de charbon. La différence représente le phosphore facilement hydrolysable des nucléosides polyphosphates. La chromatographie sur papier en deux dimensions permet d'attribuer le phosphore hydrolysable essentiellement aux nucléosides polyphosphates de l'adénine.

Or, la teneur du tissu artériel en nucléotides riches en énergie s'est avérée extrêmement faible : 0,017 mM % $\pm$ 0,0025. Ainsi normalement déjà, l'artère dispose de réserves d'énergie minimes vraisemblablement proches de la limite inférieure de ses besoins. La reconstitution de ces réserves se fait avec un mauvais rendement énergétique. On conçoit dès lors qu'à la suite de traumatismes tissulaires de toute nature, toxiques ou infectieux, même peu importants, qui sont l'apanage de la vie et affectent l'équipement enzymatique, la quantité d'énergie produite baisse et devient rapidement insuffisante. Or, cette énergie, rappelons-le, est indispensable pour la synthèse des enzymes, le renouvellement des protéines et le maintien de celles-ci dans leur état physicochimique normal.

La réduction des disponibilités d'énergie qui compromet la synthèse des enzymes déclenche un cercle vicieux semblable à celui que nous avons invoqué pour le cristallin et qui aboutit à un amenuisement du taux de liaisons riches en énergie. Il paraît judicieux de penser que l'état précaire des réserves d'énergie nécessaires au maintien de l'état dynamique des protéines, puisse entraîner des modifications dans leur état physicochimique, rendant possible la fixation des lipides et en particulier du cholestérol. A la lumière de cette hypothèse, le taux élevé de lipoprotéines géantes, ou de cholestérol, ne serait qu'une cause favorisante de l'athérome. Le phénomène fondamental serait la modification préalable des protéines du tissu artériel, modification consécutive au mauvais rendement métabolique et à l'insuffisance des disponibilités en énergie.

(*) Séance du 24 mars 1958.

(1) J. Nordmann et P. Mandel, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 834; *Ann. Oculist.*, 185, 1952, p. 929; *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 426; J. Nordmann, P. Mandel et M. Achard, *Brit. J. Ophthal.*, 38, 1954, p. 673.

(2) J. Nordmann, J. Zimmer et P. Mandel, *C. R. Soc. Biol.*, 146, 1952, p. 1804.

(3) P. Mandel et J. Klethi, *C. R. Soc. Biol.*, 150, 1956, p. 992; *Biochim. Biophys. Acta*, 1958 (sous presse).

(4) P. Mandel, *Exposés annuels de Biochimie médicale*, 1956, p. 187.

ENZYMOLOGIE. — *Action des rayons γ sur l'activité de synthèse et de transfert β-glucosidique de l'émulsine des amandes.* Note (*) de Mme **Cécile Sosa-Bourdouil**, MM. **Antoine Sosa** et **Paul Bonet-Maury**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

L'activité enzymatique rapportée à la quantité de glucose combiné au méthanol, soit à partir du glucose, soit par transfert du glucose de divers β-glucosides sur le méthanol, décroît en fonction de la dose d'exposition suivant des courbes qui occupent le même territoire que la β-glucosidase. Les calculs correspondant aux dimensions fonctionnelles de la particule active conduisent à des valeurs de même ordre.

Dans une précédente Note ([1]) nous avons étudié l'action des rayons γ du cobalt 60 sur l'activité hydrolysante de la β-glucosidase présente dans l'émulsine des amandes. Nous étudions ici l'effet des rayonnements ionisants sur l'activité synthétisante de la même émulsine.

L'émulsine desséchée est répartie dans des tubes qu'on scelle à la lampe après avoir fait le vide à l'aide d'une pompe à palettes. Les tubes sont soumis à des expositions de durée variable allant de 2 à 16 jours aux rayons γ d'une source de cobalt 60, de 90 C environ, donnant un débit d'exposition de 1000 à 2 000 r/mn suivant la position du tube irradié (temp. 18°).

Synthèse du β-méthylglucoside. — Cette synthèse biochimique a été effectuée suivant la méthode classique de Bourquelot et Bridel ([2]).

A une solution contenant 1 % de glucose et 50 % de méthanol, on ajoute 30 mg d'émulsine pour 10 ml de cette solution. Le liquide est agité mécaniquement à 20° pendant 11 jours; la diminution de sucre réducteur est alors de 6,8 mg/ml.

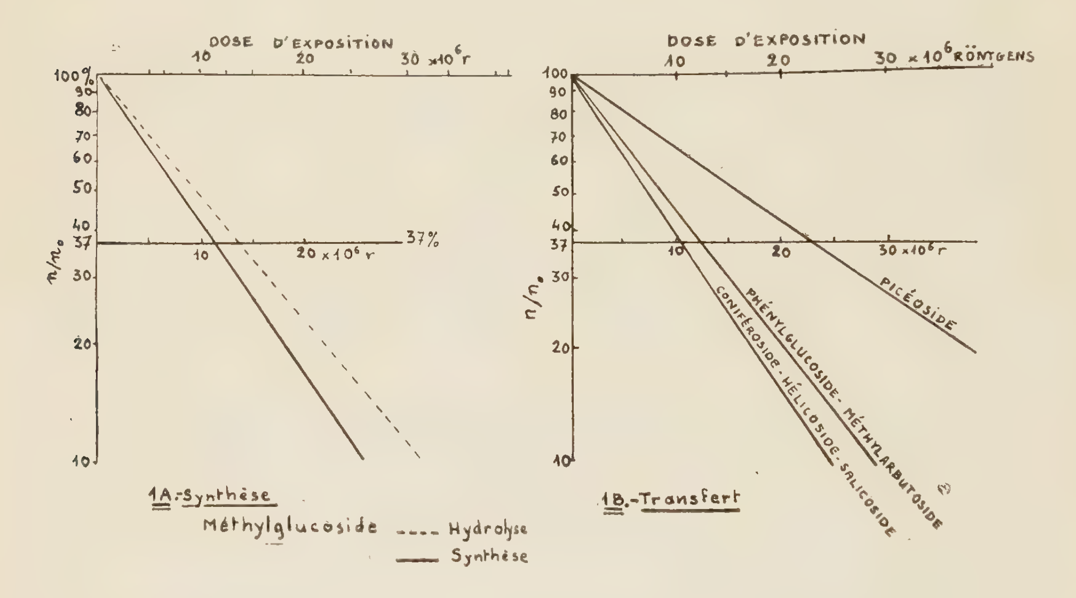
Transfert du glucose sur le méthanol à partir de divers β-glucosides. — Dans une autre série d'essais on a mesuré la formation de méthylglucoside par transfert à partir de quelques β-glucosides de phénol sur le méthanol suivant le processus découvert par J. Rabaté en 1935 ([4]) et confirmé par les travaux de Courtois et Leclerc ([5]).

Nous avons employé comme donneurs les β-glucosides suivants : méthylarbutoside, β-phénylglucoside, picéoside, hélicoside, salicoside et coniféroside. 2,5 ml de solution M/10 de β-glucoside sont mélangés à 2,5 ml de méthanol 12,5 M et 5 mg d'émulsine, et laissés à la température de 30° dans un thermostat pendant des temps variant de 30 mn à 2 h suivant les glucosides. Une série d'essais témoins est effectuée dans les mêmes conditions en remplaçant le méthanol par l'eau. La quantité de sucre réducteur est dosée dans les deux cas par la méthode de Somogyi-Nelson ou celle de Bertrand. Les aglycones phénoliques libérés par hydrolyse sont

dosés à l'aide du réactif de Folin-Wu, la courbe d'étalonnage étant établie pour chaque aglycone.

Ces diverses données permettent de calculer dans chaque cas la quantité de glucose entrée en combinaison avec l'accepteur. Nous définissons l'activité synthétisante par la quantité de glucose ainsi combiné pour chaque valeur de l'irradiation.

Dans le cas des aglycones phénoliques qui possèdent une fonction alcool libre il peut y avoir transfert interne de la fonction phénol à la fonction alcool comme l'a montré Rabaté pour le salicoside (formation de β-salicylglucoside), cette action entrant en compétition avec la formation du β-méthylglucoside.



Courbes dose-effet. — Si l'on représente, en coordonnées semi-logarithmiques, les valeurs de n/n_0 en fonction de la dose d'exposition, les courbes expérimentales obtenues pour chaque glucoside sont des droites pour les valeurs de n/n_0 supérieures à 10 %.

Ces droites se groupent en un faisceau étroit (*fig.* 1 B) compris à l'intérieur de celui correspondant à l'activité hydrolytique de la β-glucosidase. Pour le β-méthylglucoside les deux courbes d'hydrolyse et de synthèse sont très voisines (*fig.* 1 A).

Le calcul des dimensions fonctionnelles correspondant à l'activité synthétique directe ou de transfert de l'émulsine donne, pour tous les glucosides un poids moléculaire de l'ordre de 68 000, sauf pour le picéoside pour lequel la valeur trouvée de 33 000 est en bon accord avec celle correspondant à l'activité hydrolytique, soit 38 000.

Si toutes ces données ne sont pas suffisantes pour prouver l'identité

totale des enzymes étudiées, du moins elles confirment que des groupements fonctionnels de mêmes dimensions sont affectés par les rayons γ aussi bien en ce qui concerne l'activité hydrolysante, que l'activité synthétisante directe, ou indirecte par transfert, de β-glucosides.

Spectres d'absorption infrarouge et ultraviolet. — Pour élucider la nature de la transformation subie par la β-glucosidase pendant l'irradiation, nous avons examiné le spectre d'absorption dans l'infrarouge (entre 2 et 16 μ), d'une suspension d'émulsine dans le nujol. Ce spectre reste semblable, après l'irradiation, à celui du témoin.

Le spectre ultraviolet de l'émulsine en solution aqueuse, par contre, est modifié. Le maximum, correspondant à 275 mμ, est augmenté dans l'échantillon qui a été exposé 16 jours aux rayonnements ionisants avec une dose d'exposition de 39.10^6 r ($E_{1\,cm}^{1\,\%} = 6{,}2$ au lieu de 3,6).

(*) Séance du 24 mars 1958.

(1) C. Sosa-Bourdouil, P. Bonet-Maury et A. Sosa, *Comptes rendus*, **246**, 1958, p. 1608.

(2) É. Bourquelot et M. Bridel, *J. Pharm. Chim.*, **4**, 1911, (7). p. 385; **6**, 1912, (7), p. 56; **7**, 1912, (7), p. 97.

(3) E. Bourquelot et H. Hérissey, *Comptes rendus*, **135**, 1902, p. 290.

(4) J. Rabaté, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 153; *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **17**, 1935, p. 572; **20**, 1938, p. 449.

(5) J. E. Courtois et M. Leclerc, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **38**, 1956, p. 365.

VIROLOGIE. — *Un composé infectieux distinct du virus dans les cellules infectées de la Souris.* Note (*) de MM. **Joseph Huppert** et **F. Kingsley Sanders**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Un composé ayant les caractères d'un acide ribonucléique a été trouvé dans la phase aqueuse des extraits phénoliques des cellules d'ascite de souris infectées par le virus EMC, et des surnageants de cultures. Il a été démontré que ce composé possède une infectiosité propre, qu'il ne provient pas du virus, mais qu'il apparaît dans les cellules infectées.

Le virus de l'encéphalomyocardite des rongeurs (EMC) peut être propagé *in vitro* dans des suspensions agitées de cellules d'ascite Krebs 2 [1]. Lorsque des cultures non proliférantes de cellules sont infectées par EMC, le virus nouvellement formé après une phase d'éclipse, apparaît à l'intérieur des cellules à partir de la 4e heure qui suit l'infection, et atteint le maximum aux environs de 8 h. Dans le milieu de culture, le virus libre apparaît entre la 6e et la 7e heure, atteignant entre les 12e et 14e heures son taux maximum : environ 1.10^9/ml [2].

Des extraits phénoliques ont été préparés selon la méthode de Schuster et coll. [3]. Après ajustement de la concentration en ClNa à 0,14 M et

du pH à 7,1, on ajoute à la préparation un volume égal de phénol saturé d'eau et l'on agite durant 8 mn dans un vibreur (50 vibr./s). La phase aqueuse est séparée par centrifugation, traitée à deux reprises par le phénol (5 mn), puis lavée six fois à l'éther (ce dernier est enlevé par barbotage d'azote). Toutes les opérations ont été effectuées à 4°. La préparation est conservée à — 70°. Les cellules sont désintégrées par agitation avec billes de verre dans le même vibreur, en présence de phénol, pour éliminer toute intervention éventuelle d'enzymes endocellulaires. Les extraits phénoliques des cellules contiennent environ 1 mg/ml d'acide ribonucléique, ceux des surnageants des cultures infectées environ 0,1 mg/ml. Le spectre d'absorption ultraviolet est typique pour l'ARN, avec un maximum à 260 mμ, un minimum à 240 mμ, et le rapport E 260/E 280 très proche de 2. La teneur en protéine est très faible.

L'activité infectieuse de ces préparations a été recherchée par la méthode suivante : une suspension de cellules d'ascite est mélangée à volume égal avec des dilutions d'extraits phénoliques. Après 30 mn à 22° 10^7 cellules sont inoculées à chacune des cinq souris du lot correspondant. Le résultat est positif lorsque les animaux meurent d'encéphelomyocardite, négatif lorsqu'ils développent une ascite.

TABLEAU I.

Matériel.	Titre en virus (Unités Plages/ml) (*).	Infectiosité des extraits phénoliques DL 50 souris/ml.
Milieu de culture des cellules infectées après séparation des cellules	$5,8.10^8$	$6,3.10^3$
Après centrifugation 1 h à 100 000 × g :		
a. Surnageant	$2,2.10^5$	$3.0.10^3$
b. Culot remis en suspension dans un même volume	$1,2.10^8$	$1,6.10^2$
Le culot *b* lavé deux fois par centrifugation 1 h à 100 000 × g et concentré cinq fois	(A) 5 $.10^9$	0
	(B) 3 $.10^9$	0

(*) Pour le virus EMC, le titre en Unités Plages est toujours identique à celui obtenu par la recherche de DL 50 chez la Souris.

Le tableau I résume les résultats obtenus à partir du surnageant de cultures infectées (lequel contient également toutes les substances provenant des cellules détruites). Après 1 h de centrifugation à 100 000 × g (Spinco), la teneur en virus du surnageant diminue plus de 1000 fois, alors que l'activité des extraits phénoliques diminue seulement deux fois. Par contre, le culot pour un titre en virus peu modifié, présente une activité des extraits phénoliques plus faible, due à la contamination par le surnageant : après deux lavages du culot, on ne peut plus obtenir d'extraits infectieux malgré un titre en virus très élevé. L'infectiosité des extraits

phénoliques ne provient donc pas du virus, mais d'un composé qui se trouve dans le milieu de culture et qui n'est pas sédimentable dans les mêmes conditions que le virus.

Le tableau II présente la relation entre la teneur en virus des cellules infectées et la quantité de composé infectieux pouvant en être extraite. Une suspension de cellules est infectée par EMC, puis à différents temps, les cellules sont prélevées, lavées et désintégrées pour titrer leur teneur en virus intracellulaire et pour préparer les extraits phénoliques. On constate une importante activité infectieuse dans les extraits provenant de l'échantillon prélevé à 4 h, lorsque le taux du virus intracellulaire est encore faible. A 8 h, la quantité de virus augmente dix fois, l'activité infectieuse reste, elle, inchangée. Il n'y a donc pas de relation directe entre la teneur en virus et la quantité de composé infectieux pouvant être extraite par le phénol.

TABLEAU II.

Matériel.	Virus intracellulaire (Unités Plages/ml).	Infectiosité des extraits phénoliques DL 50 souris/ml.
10^7 cellules infectées par millilitre :		
2 h après infection......................	$1 \cdot 10^6$	10
4 » »	$2{,}8 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^3$
8 » »	$2{,}2 \cdot 10^8$	$3 \cdot 10^3$

Nous ne connaissons pas encore l'état intracellulaire des substances à partir desquelles le phénol permet d'extraire le composé infectieux. Il pourrait s'agir, soit d'un véritable précurseur du virus, soit d'un composé voisin de celui-ci mais inapte à devenir virus complet. Quant aux extraits phénoliques, tout semble indiquer que leur activité infectieuse est liée à un acide ribonucléique porteur d'informations suffisantes pour la synthèse du virus. Cette activité serait comparable à celle qui a été obtenue par dissociation du virus de la mosaïque du tabac ([4]), ([5]) et expliquerait certains faits observés avec des virus animaux ([6]), ([7]). Il n'est, toutefois, pas possible de prouver chimiquement la pureté de cet ARN, qui ne serait qu'une faible fraction des acides nucléiques présents dans la préparation, et l'on ne peut exclure le rôle des protéines présentes en très faibles quantités.

L'action de divers agents prouve que le composé infectieux est différent du virus et qu'il ne peut s'agir de quelque virus ayant échappé à la dénaturation par le phénol. Ainsi l'infectiosité des extraits phénoliques est détruite par la ribonucléase (10 μg/ml) en 10 mn à 22° ou par simple incubation de 1 h à 37°. Le virus EMC ne subit aucun changement dans ces conditions. La précipitation répétée par l'éthanol à 67 % ou par ClNa 1 M, n'affecte pas les extraits phénoliques alors qu'elle diminue le

titre du virus. Pour rendre ces tests les plus comparables possible, la préparation du virus EMC a été diluée pour donner le même titre que l'activité infectieuse des extraits phénoliques et il lui a été ajouté un extrait phénolique de cellules non infectées jusqu'à la même absorption ultraviolette à 260 mμ. Les conditions dans lesquelles se manifeste l'activité infectieuse de ces extraits phénoliques sont très différentes de celles qui permettent l'action du virus. Un état particulier de susceptibilité cellulaire est nécessaire pour que cette activité se manifeste (phénomène que nous étudions ailleurs).

(*) Séance du 24 mars 1958.

(1) F. K. SANDERS, *Proc. Roy. Soc. Med.*, 50, 1957, p. 911.

(2) F. K. SANDERS, J. HUPPERT et J. M. HOSKINS, 1958 (sous presse).

(3) H. SCHUSTER, G. SCHRAMM et W. ZILLING, *Naturforsch.*, 11 *b*, 1956, p. 339.

(4) A. GIERER et G. SCHRAMM, *Nature*, 177, 1956, p. 702.

(5) H. FRAENKEL-CONRAT, B. SINGER et R. C. WILLIAMS, *Biochim. Biophys. Acta*, 25, 1957, p. 87.

(6) E. VON WECKER et W. SCHAFER, *Naturforsch.*, 12 *b*, 1957, p. 415.

(7) J. S. COLTER, H. H. BIRD, A. W. MAYER et R. A. BROWN, *Virology*, 4, 1957, p. 522.

(*Institut Pasteur, Paris,*
M. R. C. Virus Research Group, London School of Hygiene, London W. C. I.)

La séance est levée à 15 h 30.

R. C.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 10 février 1958.)

Note présentée le même jour, de M. *Jacques Breton*, Mesure de la dispersion de la constante de Verdet de quelques composés de la série benzénique :

Page 927, dernière ligne, *au lieu de* Phénylamine 13° C, *lire* Phénylamine 23° C.
» 928, 5e ligne, *au lieu de* 10^{-3} mn.cm.gauss^{-1}, *lire* 10^{-3} mn.cm^{-1}.gauss^{-1}.
» 929, dernière ligne, *au lieu de* graphites rectilignes, *lire* graphiques rectilignes.

(*Comptes rendus* du 10 mars 1958.)

Note présentée le même jour, de M. *Marc Henri Durand*, Hydrogénation duplicative de l'aldéhyde phénylpropargylique :

Page 1563, les deux courbes imprimées ne concernent pas cette Note, mais une autre de MM. *Roger Durand* et *André Michel*, insérée page 1864.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de février 1958.

(*Suite et fin.*)

54. *Altérations du système nerveux à la suite d'intoxication par le manganèse*, par A. F. Makartchenko. Kiev, 1956, 319 p., 1 vol. 23 cm (en langue russe).

55. *Pucerons dendrophiles en Ukraine*, par V. L. Mamontova. Kiev, 1955, 91 p., 1 brochure 20 cm (en langue russe).

56. *Pucerons des cultures agricoles des steppes forestières de la rive droite en Ukraine*, par V. L. Mamontova. Kiev, 1953, 72 p., 1 brochure 20 cm (en langue russe).

57. *Les Copépodes parasites des poissons d'U. R. S. S.*, par A. P. Markevitch. Kiev, 1956, 259 p., 1 vol. 26,5 cm (en langue russe).

58. *Faune des invertébrés du cours inférieur des fleuves d'Ukraine. Conditions de leur existence et moyens de les utiliser.* 2e partie : *Liman du Dniepr et du Boug*, par Iou. M. Markovskiï. Kiev, 1954, 207 p., 1 vol. 22,5 cm (en langue russe).

60. *Le microcide et son emploi. Recueil d'essais.* Kiev, 1955, 152 p., 1 vol. 22 cm (en langue russe).

61. *Matériaux pour l'étude des anciennes faunes de l'Ukraine*, par I. G. Pidoplitchko. Fasc. 2. Kiev, 1956, 235 p., 1 vol. 26 cm (en langue russe).

62. *Phytoplancton du liman du Dniepr et du Boug*, par A. D. Priïmatchenko. Kiev, 1956, 155 p., 1 vol. 22 cm (en langue ukrainienne).

63. *Problèmes de parasitologie. Travaux de la seconde conférence scientifique des parasitologistes d'Ukraine. Recueil d'articles.* Kiev, 1956, 356 p., 1 vol. 22,5 cm (en langue russe).

64. 65. *Travaux choisis.* 1. *Problèmes de patho-physiologie de la circulation du sang*, par N. D. Strajesko. Kiev, 1955, 200 p.; 2. *Problèmes de la septicémie, de l'endocardite, du rhumatisme. Physiologie et de pathologie des organes de la digestion.* Kiev, 1956, 368 p., 2 vol. 26 cm (en langue russe).

67 *bis*. *Faune de l'Ukraine en 40 volumes. 4. Oiseaux*, par O. B. Kistiakivskiï. Kiev, 1957, 432 p., 1 vol. 26,5 cm (en langue ukrainienne).

68. *Physiologie des processus nerveux. Recueil d'articles.* Kiev, 1955, 457 p., 1 vol. 23 cm (en langue russe).

69. *Biologie des anaérobies et anaérobiose*, par G. M. Frenkel. Kiev, 1956, 151 p., 1 vol. 22 cm (en langue russe).

Botanique. Agriculture :

70. *La moisissure des aliments et comment lutter contre*, par V. I. Bilaï. 2e édition augmentée. Kiev, 1956, 31 p., 1 brochure 20 cm (en langue ukrainienne).

75. *Caractéristique de l'amélioration des sols du massif de Nogaisk en Ukraine*, par G. S. Grin, N. K. Krupskiï et V. D. Kisel. Kiev, 1955, 71 p., 1 vol. 22 cm (en langue russe).

77. *L'azotobactérine et son emploi dans les kolkhozes d'Ukraine*, par Kh. G. Zinov'èva et O. I. Berchova. Kiev, 1956, 26 p., 1 brochure 20 cm (en langue ukrainienne).

81. *La moucheture noire du blé et les mesures pour lutter contre elle*, par V. A. Markhasova. Kiev, 1957, 80 p., 1 vol. 22 cm (en langue ukrainienne).

83. *Histoire de l'embryologie des végétaux supérieurs en Russie*, par Ia. S. Modilevskiï. Kiev, 1956, 203 p., 1 vol. 22,5 cm (en langue russe).

84. *Flore des lichens d'Ukraine*, par A. M. Oksner, en deux volumes. 1. Kiev, 1956, 495 p., 1 vol. 26 cm (en langue ukrainienne).

85. *Principes de typologie forestière*, par P. S. Pogrebniak. 2e édition corrigée et augmentée. Kiev, 1955, 456 p., 1 vol. 22,5 cm (en langue russe).

86. *Procédés pour augmenter la résistance du blé d'automne et du trèfle aux conditions défavorables du milieu extérieur. Recueil d'articles*. Kiev, 1954, 155 p., 1 vol. 26 cm (en langue russe).

89. *L'érosion des sols et comment lutter contre elle*, par A. S. Skorodumov. Kiev, 1957, 156 p., 1 vol. 22 cm (en langue russe).

90. *Conférence de pédologie forestière organisée par l'Institut forestier de l'Académie des sciences d'Ukraine. Résumés des rapports*. Kiev, 1956, 112 p., 1 vol. 20,5 cm (en langue russe).

91. *Flore de l'Ukraine*. II. Kiev, 1940, 589 p., 1 vol. 26 cm (en langue ukrainienne).

92. 93 *bis*. *Travaux choisis*, par N. G. Kholodnyï en trois volumes : 1. *Travaux sur la physiologie des plantes*. Kiev, 1956, 480 p.; 3. *Travaux sur la microbiologie et l'écologie des plantes*. Kiev, 1957, 526 p., 2 vol. 26 cm (en langue russe).

Philosophie, etc :

105. *Problèmes philosophiques de la physique contemporaine. Matériaux d'une conférence*. Kiev, 1956, 252 p., 1 vol. 22,5 cm (en langue russe).

Linguistique, etc :

124. *Dictionnaire russe-ukrainien*, 80 000 *mots*. Kiev, 1956, 804 p., 1 vol. 26 cm.

127. *Dictionnaire ukrainien-russe*. I : A-J. Kiev, 1953, 506 p., 1 vol. 26 cm.

(Non numéroté). *Perfectionnement de la technique d'épandage des engrais*. Kiev, 1955, 258 p., 1 vol. 22,5 cm (en langue russe).